تصميم وإدارة
نظم الري الحقلي

Design and Management of Field Irrigation Systems

تأليف

أ.د. سمير محمد إسماعيل

أستاذ نظم الري بقسم الهندسة الزراعية

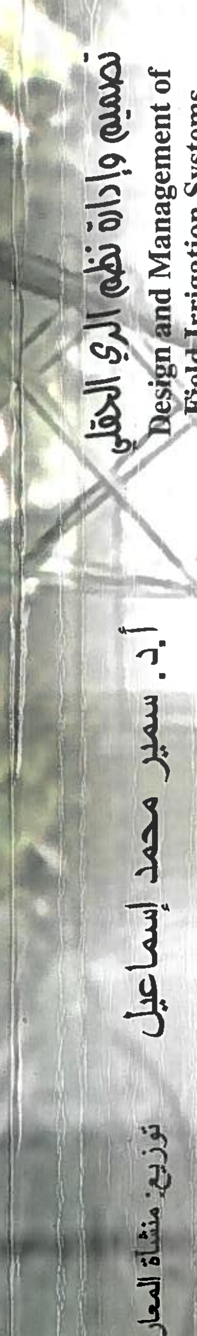
كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية

الطبعة الأولي

٢٠٠٢

توزيع منشأة المعارف بالاسكندرية

جلال حزى و شركاه



المؤلف: الأستاذ الدكتور / سمير محمد إسماعيل

أستاذ نظم الري بقسم الهندسة الزراعية – كلية الزراعة – جامعة الإسكندرية

- مواليد الإسكندرية في ١٩٥٢/٩/٣.
- حاصل علي بكالوريوس هندسة زراعية – جامعة الإسكندرية – سنة ١٩٧٥ بدرجة امتياز مع مرتبة الشرف.
- معيد بقسم الهندسة الزراعية ١٩٧٥–١٩٨٠.
- حاصل علي ماجستير في الهندسة الزراعية سنة ١٩٨٠.
- مدرس مساعد بقسم الهندسة الزراعية ١٩٨٠–١٩٨٤.
- حاصل علي دكتوراه في هندسة الري من كلية الهندسة جامعة ولاية مونتانا الأمريكية ١٩٨٤.
- مدرس بقسم الهندسة الزراعية ١٩٨٤–١٩٨٩.
- أستاذ مساعد بقسم الهندسة الزراعية ١٩٨٩–١٩٩٤.
- أستاذ بقسم الهندسة الزراعية من ١٩٩٤– وحتى الآن.
- السفر في إعارة لقسم الهندسة الزراعية – جامعة الملك سعود فرع القصيم من ١٩٨٧ لمدة خمس سنوات.
- عضو الجمعية الأمريكية للمهندسين الزراعيين ASAE.
- له العديد من الأبحاث والتقارير والنشرات الإرشادية في مجال نظم الري.
- الأشراف علي طلبة الدراسات العليا لدرجة الماجستير والدكتوراه.
- شارك في العديد من المؤتمرات والندوات والحلقات الدراسية.
- مستشارا للري بمركز تنمية الصحراء التابع للجامعة الأمريكية بالقاهرة AUC/DDC من سنة ١٩٩٤ وحتى الآن.
- مستشارا لمكون إدارة المياه بمشروع الإيفاد IFAD (مشروع الخدمات الزراعية بالأراضي الجديدة) بالنوبارية منذ سنة ١٩٩٤ وحتى انتهاء المشروع في ٢٠٠٠/١٢/٣١.
- مستشارا لنظم الري الحقلي بمشروع البستان للتنمية الزراعية لدي الاتحاد الأوروبي (٢٠٠٢).
- لـه العديد من الخبرات في تصميم نظم الري المتطور وتقييمها وإدارتها والاحتياجات المائية وجدولة نظم الري واتحادات مستخدمي المياه ودراسات الجدوى والدورات التدريبية في نظم الري وري الحدائق والمسطحات الخضراء.
- قام بمهمات استشارية عديدة لعدد من الشركات والمؤسسات الدولية.
- قام بتدريس العديد من المقررات الدراسية في نظم الري السطحي والرش والتنقيط وهيروليكا المضخات وهندسة الري والصرف والمساحة والبرمجة باستخدام الحاسب الآلي.

تصميم وإدارة

نظم الري الحقلي

Design and Management of Field Irrigation Systems

تأليف

أ.د. سمير محمد إسماعيل

أستاذ نظم الري بقسم الهندسة الزراعية

كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية

الطبعة الأولي

٢٠٠٢

توزيع منشأة المعارف بالإسكندرية

جلال حزي وشركاه

اسم الكتـــاب : تصميم وإدارة نظم الرى الحقلى

اسم المؤلـــف : أ.د. سمير محمد اسماعيل

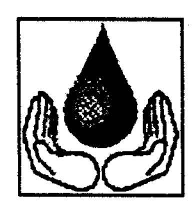
رقـم الإيـــداع : ١٦٠٧٤/ ٢٠٠٢

الترقيم الدولى : ١- ١٠٧٥ - ٠٣ - ٩٧٧

طبـــــــاعة : مركز الدلتا للطباعة.

٢٤ شارع الدلتا سبورتنج اسكندرية. ☎ : ٥٩٠١٩٢٣ (٠٣)

الماء سر الحياة



بسم الله الرحمن الرحيم

" وجعلنا من الماء كل شيء حي "

صدق الله العظيم

سورة الأنبياء الآية ٣ .

بسم الله الرحمن الرحيم

" وتري الأرض هامدة فإذا أنزلنا عليها الماء اهتزت وربت وأنبتت من كل زوج بهيج "

صدق الله العظيم

سورة الحج الآية ٥ .

محتويات الكتاب

الصفحة

مقدمة

تواجه مصر القرن الواحد والعشرين بمشكلة محدودية المياه حيث يستمر تناقص نصيب الفرد من المياه عن حد الفقر العالمي وهو ١٠٠٠ م٣ للفرد في العام ويرجع ذلك إلى زيادة عدد السكان وثبات موارد المياه. وتستهلك الزراعة حوالي ٨٥% من نصيب مصر من مياه نهر النيل البالغ ٥٥,٥ مليار م٣ سنويا حسب اتفاقية مصر والسودان سنة ١٩٥٩. لذلك فإن ترشيد استخدام المياه في الزراعة في داخل نطاق المزرعة يوفر قدر كبير من المياه يمكن استخدامه في زراعة مساحات إضافية من الأرض علاوة علي المحافظة علي المياه من التلوث وتدهور التربة وارتفاع مستوي الماء الأرضي وزيادة تكاليف الطاقة اللازمة لرفع المياه الزائدة.

شهدت نظم الري الحقلي في السنوات الأخيرة تطورا كبيرا جعل ترشيد المياه مع استخدام الري المتطور أمرا ممكنا. فقد تحولت نظم الري الحقلي من فن إلى علم له قواعده وأصوله ويدرس في دور العلم المختلفة. إلا أن علم نظم الري الحقلي يعتبر من العلوم التطبيقية الحقلية التي تعتمد علي كل من العلوم الهندسية والزراعية ومن هنا تأتي صعوبة الإلمام بكل نواحي هذا العلم حيث أن العلوم الهندسية يدرسها الطالب في كليات الهندسة والعلوم الزراعية يدرسها الطالب في كليات الزراعة. ومن هذا المنطلق انشأت أقسام الهندسة الزراعية بحيث يدرس الطالب العلوم الهندسية المرتبطة بكلية الهندسة والعلوم الزراعية المرتبطة بكلية الزراعة ثم تأتي علوم الهندسة الزراعية المختلفة ويكون الطالب قد أعد لها إعدادا جيدا فيسهل عليه استيعابها. وهذا يفسر وجود بعض أقسام الهندسة الزراعية في كليات الزراعة والبعض الأخر في كليات الهندسة وذلك في جامعات الولايات المتحدة الأمريكية.

ويحتوي هذا الكتاب علي الجوانب النظرية والتطبيقية لنظم الري بالإضافة إلى خبرة المؤلف في التدريس والتدريب والبحث والإرشاد وعمله كمستشار لعديد من الشركات والمشاريع الزراعية الكبرى بالأضافه إلى إلمامه بنظم الري في الأراضي الصحراوية الجديدة. ولذلك فيعتبر هذا الكتاب منهجا لتدريس نظم الري لطلاب مرحلة البكالوريوس والدراسات العليا سواء لكليات الزراعة أو الهندسة. كما يعتبر هذا الكتاب مفيدا من الناحية التطبيقية للخريجين العاملين في مجال الزراعة أو حائزين الأراضي الصحراوية والجديدة. كذلك يعتبر هذا الكتاب مهما لكافة المستثمرين في الأراضي الصحراوية والجديدة. ولهذا فقد روعي بقدر الإمكان استقلالية فصول الكتاب بمعني إذا كان القارئ يهمه الري بالتنقيط فيمكنه الذهاب مباشرة وقراءة هذا الفصل دون المرور علي بقية فصول الكتاب. وكذلك روعي التدرج في المعلومات فمثلا يمكن للفرد غير المتخصص قراءة فصل وصفي عن الري بالتنقيط دون الدخول في فصل تصميم الري بالتنقيط الذي قد يكون غير مهم بالنسبة له ويكون مهم لغيره وهكذا.

ويحتوى هذا الكتاب علي الجوانب المتعلقة بتخطيط وتصميم وتشغيل وتقييم نظم الري المختلفة بالإضافة إلى احتوائه علي التحليل الاقتصادي لنظم الري. وقد روعي أيضا أن يتضمن الكتاب الجزء الخاص بري الحدائق والمسطحات الخضراء Landscape Irrigation .

كما يحتوي الكتاب علي شرح وافي لموضوع الاستهلاك المائي للمحاصيل وجدولة الري ونوعية مياه الري بالإضافة إلى موضوع قياس تصرف المياه لما لأهمية هذا الموضوع في إدارة نظم الري وترشيد استخدام المياه. أما المضخات والقنوات المكشوفة فقد قام المؤلف بتخصيص كتاب منفرد عنها تم إصداره سنة ٢٠٠١ تحت عنوان " هيدروليكا المضخات والقنوات المكشوفة "

ونسأل الله سبحانه وتعالي التوفيق والسداد

" ربنا لا تؤاخذنا إن نسينا أو أخطأنا ، ربنا ولا تحمل علينا إصرا كما حملته علي اللذين من قبلنا ربنا ولا تحملنا ما لا طاقة لنا به، واعف عنا وأغفر لنا وارحمنا أنت مولانا فانصرنا علي القوم الكافرين "

صدق الله العظيم

سورة البقرة – الجزء الثالث الآية ٢٨٦

المؤلف

أ.د. سمير محمد إسماعيل

١

تخطيط نظام الري

Irrigation System Planning

لنجاح أي نوع من نظم الري لابد من تخطيطه بعناية. وعملية التخطيط تشمل كل من العوامل الطبيعية والإدارية.

أولا: العوامل الطبيعية Physical factors

أ- أبعاد وشكل المساحة المطلوب ريها Size and shape of design area

لابد من وجود خريطة جيدة للمساحة وفى حالة عدم وجودها فمن الضروري عمل خريطة مساحية.

ب- طبوغرافية المنطقة Topography

تستخدم الخريطة الطبوغرافية في تحديد أماكن خطوط الري وقدرة المضخة المطلوبة بالإضافة إلى أهميتها في تصميم نظم الري السطحي ونظم الصرف وذلك بتحديد أماكن المراوي والمصارف والتسوية Land grading.

جـ- التربة Soils

لا بد من توافر معلومات عن خواص التربة في المنطقة ومنها

- سطح التربة Soil surface . فبناء وقوام سطح التربة يحدد معدل تسرب المياه.
- قطاع التربة Soil profile . عمق قطاع التربة وسعة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة Moisture holding capacity .
- وجود طبقات صماء في قطاع التربة تعوق تعمق الجذور وحركة المياه.
- كيمياء التربة Soil chemistry . فوجود زيادة في الأملاح الذائبة يسبب انخفاض في إنتاجية المحاصيل. ووجود الصوديوم بدرجة زائدة يسبب هدم بناء التربة ويحد من حركة المياه فيها.

د- مصادر المياه Water supplies

يجب معرفة أين توجد المياه وكميتها المتاحة للاستخدام وأيضا يجب اعتبار النقاط التالية:-

- توافر الكمية مع الزمن Quantity as function of time
- نوعية المياه Water quality
- تكلفة المياه من ناحية التكلفة المطلوبة للرفع أو لضخ المياه pumping costs
- النواحي القانونية Legal aspects كأن يكون من غير المصرح به استخدام المياه في الري السطحي مثلا.

هـ- الظروف الجوية Climatic conditions

- طول موسم النمو length of growing season
- درجات الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح ....الخ من بيانات الأرصاد المطلوبة لحساب أقصى استهلاك مائي للمحاصيل.
- اتجاه الرياح السائدة في المنطقة لإمكان تخطيط اتجاهات خطوط الري في حالة استخدام الرش Laying out sprinkler system

ثانيا: العوامل الإدارية Management factors

أ- المحاصيل والدورات الزراعية المتبعة في المنطقة الحالية والمستقبلية.

Cropping practices, both present and future

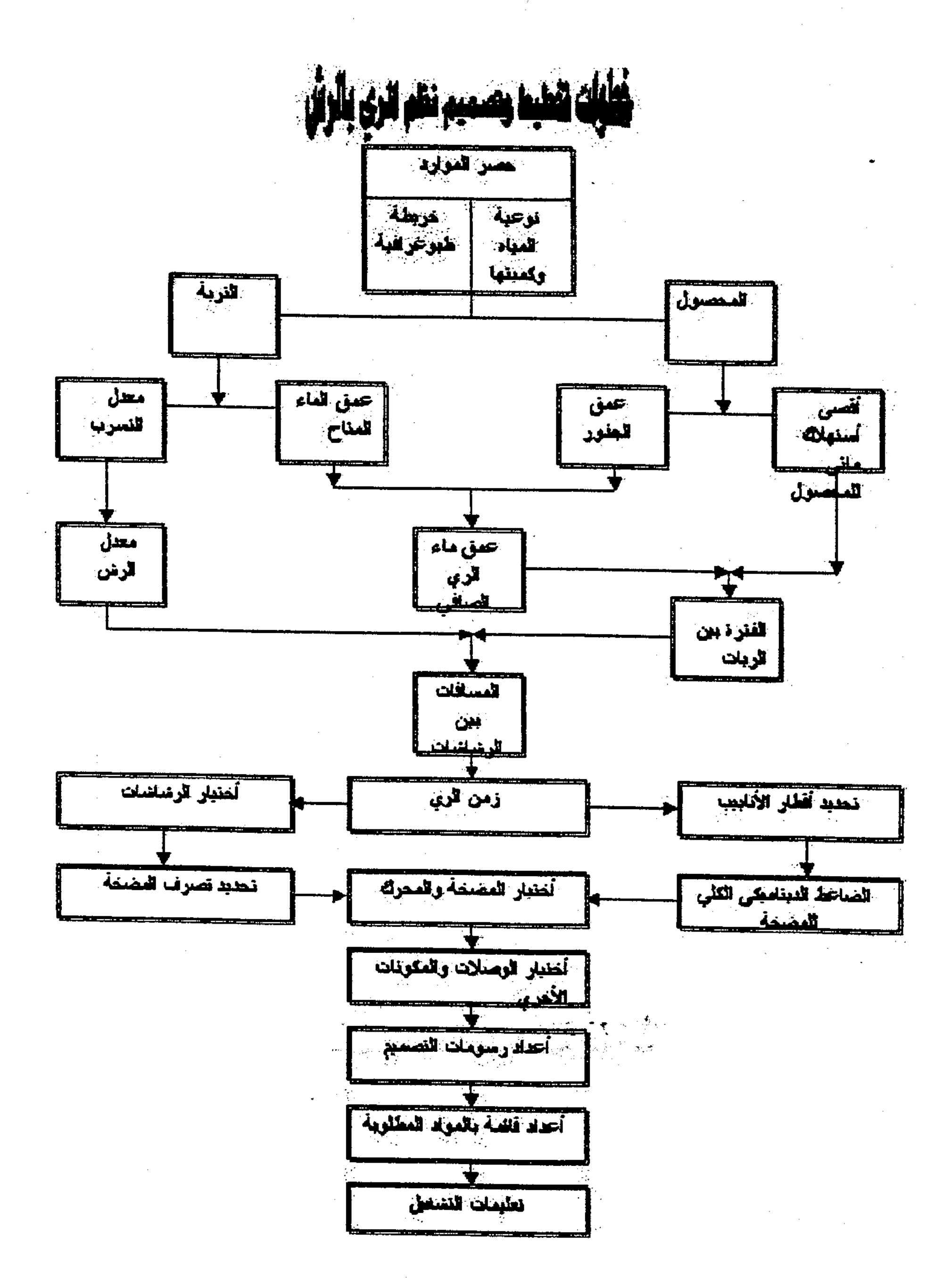
- عمق الجذور للمحاصيل المختلفة وأقصى احتياج مائي يومي لها Crops vary considerably as to rooting depth, peak water requirements, etc.
- يصمم نظام الري بحيث يستوعب الدورات الزراعية المختلفة والمساحات المختلفة للمحاصيل واحتياجها المائي. System should allow for changes in rotation, area of high water use crops, etc.

ب- عمليات الزراعة والخدمة والحصاد Cultural and harvesting operations فمعظم هذه العمليات تحتاج إلى موائمة بينها وبين الري Coordinated with irrigations .

جـ- العمالة Labor

- تكاليف العمالة المتاحة في المنطقة Costs
- توافر العمالة خلال موسم النمو Availability during growing season
- تختلف العمالة المطلوبة من حيث **المهارة والمقدار** حسب نظام الري Skill requirements and amount of labor vary with type of irrigation .

وتوضح خريطة المسار التالية خطوات تخطيط وتصميم نظم الري Irrigation systems planning and design .



٢

مصادر مياه الري

إن الهدف الأساسي للري والذي تسعى إليه الدولة هو الاستغلال الأمثل للموارد المائية والحفاظ عليها كما ونوعا لتحقيق أكبر عائد اجتماعي اقتصادي قومي دون التأثير السلبي على المنظومة البيئية المرتبطة باستخدام المياه حاليا ومستقبلا مع ضمان سبل التنمية المتواصلة.

هل يعتبر موقع مصر الجغرافي بالنسبة لمواردها المائية متميزا؟

موقع مصر الجغرافي بالنسبة لمواردها المائية لايعتبر متميزا بل على العكس فهي دولة المصب الأخير لنهر النيل وهى بذلك تتأثر سلبا أو إيجابيا بكل ما يحدث في أحباس هذا النهر من إهدار للموارد المائية وفقدانها دون الاستفادة منها أو على النقيض من ذلك في حالة تنمية هذه الموارد والعمل على حسن استغلالها لصالح جميع الدول التي تستخدمها.

ونظرة إلى خريطة مصر الجغرافية نجد أن المساحة الكلية لها تبلغ حوالي مليون كيلو متر مربع (٢٣٨ مليون فدان)، تقدر مساحة الأراضي المنزرعة بها حوالي ٨ مليون فدان (حوالي $\frac{8\times10^{6}\times4200}{10^{12}}=0.0336$ = ٣,٣٦% من المساحة الكلية) تتمثل تقريبا في الشريط الضيق الملاصق لمجرى النيل والدلتا

ومن ثم فإن نصيب الفرد بمصر من الأراضي المنزرعة يبلغ حوالي ٠,١٢١ فدان ($0.121 = \frac{8\times10^6}{66\times10^6}$) وهو نصيب ضئيل إذا ما قورن بمثيله في كثير من بلدان العالم النامية.

حصة مصر من إيراد نهر النيل:

في ضوء تقديرات الموارد المائية فإن حصة مصر من إيراد نهر النيل تبلغ ٥٥,٥ مليار متر مكعب كما حددتها اتفاقية مياه النيل بين مصر والسودان عام ١٩٥٩. وتستهلك مصر حوالي ٨٥% من حصتها في الأغراض الزراعية – بينما تستهلك الباقي في الأغراض الأخرى من شرب وصناعة وملاحة وخلافة.

خط الفقر المائي:

درج خبراء المياه على تسمية مستلزمات الإنسان من المياه وهى ١٠٠٠ متر مكعب من الماء في العام بحد الفقر المائي، ولهذا الرقم علاقة بأرقام أخرى يتداولها المهتمون بشئون المياه على المستويات المحلية والعالمية.

فمن المعروف أن الفرد يحتاج إلى متر مكعب واحد من المياه لأغراض الشرب سنويا وحوالي ١٠٠م^3 لأغراض الاستهلاك المنزلي والعام وحوالي ١٠٠م^3 للمتطلبات الصناعية بالإضافة إلى ٨٠٠ م^3 سنويا لمتطلبات الفرد من السعرات الحرارية متمثلة في احتياجات الفرد لإنتاج النشويات والخضروات والفاكهة والمحاصيل الزيتية والبقول وأعلاف الحيوانات وخلافه وبإضافة هذه الكميات من المياه اللازمة لاحتياجات الفرد السنوية نجد أنها تساوى حوالي ١٠٠٠ متر مكعب سنويا ولذلك يطلق على هذا الرقم بخط أو حد الفقر المائي.

نصيب الفرد في مصر من إيراد نهر النيل:

يبلغ نصيب الفرد من إيراد نهر النيل لكافة أغراض استخدام المياه حوالي

$$\frac{٥٥,٥ \times ١٠^{٩}\ م^{٣}}{٦٦ \times ١٠^{٦}\ نسمة} = ٨٤١\ م^{٣}$$

في العام أي ما يعادل ٢,٣ متر مكعب في اليوم حيث يبلغ تعداد السكان حاليا حوالي ٦٦ مليون نسمة ويعتبر نصيب الفرد من المياه فى مصر أقل من حد الفقر العالمى المسموح به وهو ١٠٠٠ م^3 للفرد فى السنة وبذلك تعتبر المياه فى مصر محدودة وتتصف بالندرة في حين حصة الفرد في الولايات المتحدة ١٠ آلاف م٣ سنوياً وفي تركيا ٤٠٠٠ م٣ سنويا وفي سوريا ٢٨٠٠ م٣ سنويا. وإذا ما أردنا المحافظة على هذا القدر الضئيل من نصيب الفرد من الموارد المائية وأيضا من مساحة الأراضي الزراعية فإن الأمر يقتضي ضرورة السير في الاتجاهات التالية على نحو متوازي.

ما يجب عمله للمحافظة على نصيب الفرد من الموارد المائية والأرضية؟

١- العمل على زيادة الإنتاج من الأراضي المنزرعة حاليا بتطوير طرق الرى المختلفة وتحسين كفاءة الري الحقلي وكفاءة توصيل المياه بالمجارى المائية وتوفير الصرف الجيد للأراضي والعناية بالعمليات الزراعية من انتقاء للبذور والحزمة الجيدة والتسميد الملائم وخلافه.

٢- ضرورة التوسع الأفقي وزيادة الرقعة الزراعية باستصلاح المزيد من الأراضي الصحراوية والبور للخروج من الوادي الضيق ذو الكثافة السكانية الزائدة. حيث تقتضي خطة الدولة إضافة ١٥٠ ألف فدان سنويا للرقعة الزراعية.

٣- ضرورة توفير بعض الموارد المائية المتجددة بطرق غير تقليدية مثل تحلية مياه البحر من البحار والبحيرات ... وأيضا معالجة مياه الصرف الصحي والصرف الزراعي لإعادة استخدامها في أغراض الري.

ما هي العناصر الرئيسية للموارد المائية في مصر؟

تنحصر الموارد المائية في مصر في أربعة عناصر رئيسية هي:

- مياه النيل
- الأمطار والسيول

- المياه الجوفية
- تحلية مياه البحر

وتعتبر مياه النيل المورد الأساسي للمياه السطحية العذبة فى مصر حيث أن معدل الأمطار الشتوية التى تسقط على الأجزاء الشمالية من مصر يتراوح بين ٢٠٠مم عند الإسكندرية ويقل كلما اتجهنا جنوبا ليصل إلى حوالى ٢٥مم عند القاهرة مما يضع مصر فى نطاق المناطق الجافة التي يقل فيها مجموع الأمطار السنوية عن ٢٥٠مم في السنة ولذا فإن كميات الأمطار القليلة لا يمكن الاعتماد عليها كمورد ثابت للمياه وذلك برغم قيام بعض الزراعات المطرية في سيناء وفى الساحل الشمالي غرب الإسكندرية حيث تسهم الأمطار في توفير جزء يسير من احتياجات الزراعة يقدر بحوالي ١ مليار متر مكعب سنويا في المتوسط.

وعلى الجانب الأخر فإن السيول التي تسببها العواصف المطرية قصيرة الزمن على مناطق البحر الأحمر وجنوب سيناء يمكن حصاد مياها والاستفادة منها أما بشحن الخزانات الجوفية المحلية أو لأغراض الشرب والري مباشرة وكذلك للحد من آثارها المدمرة.

المياه الجوفية في الصحاري وسيناء.

يشمل حوض الصحراء الغربية مناطق الواحات بالوادي الجديد ومنطقة شرق العوينات ويقدر المخزون في خزان الحجر الرملي النوبي بحوالي ٢٠٠,٠٠٠ مليار متر مكعب من المياه العذبة ونظرا لأن هذا الخزان عميق وغير متجدد فإن الكمية التي يمكن استغلالها تتوقف على تكاليف رفع المياه واستخدام الطاقة وتكاليف إنشاء الآبار بحيث يمكن الحصول على عائد اقتصادي يتناسب مع هذه التكاليف.

تحلية مياه البحر:

تعتبر تكلفة هذا النوع من الموارد عالية بالمقارنة بالموارد الأخرى حيث تتراوح تكلفة تحلية المتر المكعب ما بين ٣ إلى ٧ جنيهات ولكن إذا أخذنا في

الاعتبار البدائل المطروحة لتغذية المناطق النائية بالمياه العذبة مثل نقل مياه النيل في خطوط مواسير أو إقامة سدود لتجميع مياه السيول فسوف يتضح إمكانية الانتفاع بالتكنولوجيات الحديثة لتحلية مياه البحر في أغراض الشرب والصناعة والتشجير وقد ظهرت فعلا مبادرات محدودة في محافظات البحر الأحمر والساحل الشمالي لتحلية مياه البحر لإمداد القرى السياحية بمياه الشرب ولكن استخدام هذه المياه لأغراض الري يعتبر غير اقتصادي في الوقت الراهن.

مصادر المياه الغير تقليدية في مصر:

١- المياه الجوفية بالوادي والدلتا.
٢- إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي.
٣- إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة.

وجدير بالذكر أن هذه المصادر الغير تقليدية لا تعتبر من الموارد المائية المستقلة ولا يمكن أن تضاف إلى حصة مصر من المياه العذبة وإنما هي في الحقيقة إعادة لاستخدام الموارد الأصلية (مياه النيل) بطريقة تزيد من كفاءة هذا الاستخدام وكلما زادت عدد مرات إعادة الاستخدام ارتفعت الكفاءة الكلية لاستخدام المياه على المستوى القومي.

ويعتبر الخزان الجوفي بوادي النيل والدلتا من الخزانات الجوفية المتجددة والتي يتم تجديدها عن طريق الرشح من النيل الرئيسي وشبكة الري والصرف وأيضا من التسرب العميق من ري الأراضي الزراعية لذلك يمكن استخدام هذا الخزان كمخزون إستراتيجي يتم السحب منه خلال فترات أقصى الاحتياجات ويعاد شحنه مرة أخرى خلال فترات أقل الاحتياجات وعلى هذا فإن الخزان لا يمكن اعتباره موردا منفردا للمياه لطبيعة اتصاله بوادي النيل.

ويصل الاستخدام الحالي للمياه الجوفية بوادي النيل والدلتا إلى حوالي ٤,٨ مليار متر مكعب وهى في حدود السحب الآمن للخزان الذي يبلغ حوالي ٧,٥ مليار متر مكعب حسب تقديرات معهد بحوث المياه الجوفية.

إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي:

تمثل مياه الصرف الزراعي نسبة كبيرة من إجمالي الإيراد السنوي من المياه (حوالي ٢٥-٣٠%) وهى تشمل احتياجات غسيل التربة من الأملاح بالإضافة إلى فوا قد التسرب من شبكة الري والصرف وأيضا تصرف نهايات الترع التي لم يتم استخدامها. ويتم استعادة مياه الصرف مرة أخرى إلى النيل في منطقة الوجه القبلي حيث يعاد استخدامها تلقائيا بعد خلطها بمياه النيل للأغراض المختلفة وتقدر بحوالي ٤,٠٧ مليار متر مكعب سنويا.

هذا بالإضافة إلى إعادة استخدام مياه محطات الرفع من المصارف إلى الترع كما يقوم المزارعين باستخدام مياه المصارف مباشرة في ري أراضيهم خاصة في نهايات الترع وقد تم تقدير هذه الكمية بحوالي ٢,٨ مليار متر مكعب.

وتزداد ملوحة مياه الصرف تدريجيا بالاتجاه شمالا وذلك لتكرار استخدامها بالإضافة إلى وجود تداخل لمياه البحر بمنطقة شمال الدلتا يؤدى إلى تسرب مياه ذات ملوحة عالية جدا إلى المصارف، وتقدر هذه الكمية بحوالي ٢ مليار متر مكعب يتم التخلص منها ضمن مياه الصرف الزراعي ترفع إلى البحر والبحيرات الشمالية وذلك للحفاظ على التوازن الملحي لمنطقة الدلتا.

إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة:

تعتبر إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة أحد الحلول المقترحة لندرة المياه العذبة والتى تعتبر العامل الأول المحدد للتوسع الزراعى ويمثل استخدام مياه الصرف فى إنتاج الأشجار الخشبية أسلوبا له أهميته فى مواجهة نقص المياه فى البلاد التى تعانى من هذه المشكلة حيث تعد الأشجار الخشبية من أهم المحاصيل التى يمكن استغلال مياه الصرف الصحى فى ريها لأن إنتاجها لا يخشى تلوثه فهي تعتبر بمثابة مصفاة تعمل على امتصاص الكثير من العناصر السامة كما

أنها أحد البدائل الفعلية للتخلص من مياه الصرف الصحي بطريقة آمنة للحد من تلوث البيئة.

يتم استخدام مياه الصرف الصحي بغرض ري الأراضي الزراعية حيث تمت زراعة حوالي ٢٥٠٠ فدان بمنطقة الجبل الأصفر شمال شرق القاهرة وتبلغ كمية مياه الصرف التي يتم معالجتها ٠,٧ مليار متر مكعب.

شبكة توزيع المياه في مصر:

مصدر توزيع المياه: هو بحيرة ناصر في أقصى الجنوب.

شبكة الترع في مصر متعددة الدرجات تبدأ بقنوات الدرجة الأولى التي تغذى من نهر النيل أو فرعيه مباشرة والتى يطلق عليها اسم الرياحات ثم تتفرع منها ترع الدرجة الثانية وهكذا حتى يصل عدد هذه الدرجات إلى ثمانى في بعض الأحيان قبل أن تنتهي إلى ترع التوزيع التي يرفع منها المزارع المياه مباشرة إلى المساقى الخصوصية لري حقولهم. مع العلم بأن ٩٠% من المزارعين حيازتهم أقل من ٢ فدان.

ويبلغ إجمالي أطوال هذه الشبكة بدون المساقى الخصوصية حوالي ٤٠٠٠٠ كيلو متر. تساندها شبكة أخرى من قنوات الصرف ويبلغ إجمالي أطوالها حوالي ٢٠٠٠٠ كيلو متر. لا تدخل ضمنها المصاريف الحقلية المكشوفة أو المغطاة. ويتم دفع المياه في شبكة الترع للأنشطة المختلفة (مياه الشرب والاستغلال المنزلي والعام والصناعة والزراعة والثروة السمكية وتوليد الطاقة الكهربائية والملاحة والترفية وحفظ التوازن الملحى) ويختلف المنصرف من هذه المياه اختلافا جذريا من وقت لآخر بحيث تقل الاحتياجات خلال فصل الشتاء لما هو دون ثلث ما يصرف خلال فترات أقصى الاحتياجات صيفا (حددت الدراسات أقصي تصرف يمكن أمراره بأمان خلف السد العالي بـ ٢٤٠ مليون م٣ في اليوم) وتمر هذه المياه خلال الموسمين في نفس الشبكة مما يتوقع معه أن تكون سرعة المياه فيها شتاء صغيرة ويمكن أن تسبب

جدول – إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة ودرجة المعالجة ونوع النبات والتربة وطرق الرى طبقا لقرار وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية.

رقم المجموعة	درجة المعالجة	النباتات المسموح بزراعتها	الاحتياجات البيئية والصحية	طرق الرى المناسبة	التربة الزراعية المقترحة
الأولى	معالجة ابتدائية	الأشجار الخشبية	* عمل سياج حول المزارع * عدم التلامس مع المياه مباشرة مع عدم دخول غير العاملين للمزارع * منع دخول الماشية للمزارع * اتخاذ الإجراءات الصحية اللازمة للحماية من الإصابة بالكائنات الممرضة والعلاج	بالخطوط	خفيفة القوام يصرح باستخدامها فى الأراضى الصحراوية التى تبعد عن التجمعات السكانية بمسافة ٥ كم مع الالتزام بإجراء التقييم البيئى دوريا
الثانية	معالجة ثانوية	* أشجار النخيل – القطن – الكتان – التيل – الجوت. * محاصيل الأعلاف والحبوب المجففة * المحاصيل والفواكه القشرية الخضراوات التي تطهى * الفواكه المصنعة بالحرارة * مشاتل الزهور	* يمكن تربية الماشية غير المدرة للبن أو المنتجة للحوم * يجب طهى الطعام قبل تناوله	بالخطوط بالتنقيط	خفيفة متوسطة القوام
الثالثة	معالجة متقدمة	* النباتات التى تؤكل نيئة * النباتات القشرية * جميع أنواع المحاصيل و البساتين * الأعلاف والمراعى الخضراء	لا توجد	جميع الطرق عدا الرش	جميع أنواع التربة

الترسيب والإطماء وظهور ونمو النباتات والحشائش المائية وأن تزيد هذه السرعة صيفا مما يسبب النحر والتهايل وتغير أشكال القطاعات وهندستها. وينظم توزيع هذه المياه مناوبات يحصل فيها بعض الترع على المياه (دور العمالة) في الوقت الذي يكون فيه البعض الآخر في دور البطالة أو القفل.

وعند دفع المياه من بحيرة ناصر إلى الأجزاء الشمالية من شبكة الري يستغرق وقتا يزيد عن عشرة أيام يمكن حسابها كما يلي:

المسافة من بحيرة ناصر إلى البحر المتوسط حوالي ١٠٠٠ كم فإذا افترضنا أن سرعة المياه ١متر/ ثانية فإن الزمن الذي تستغرقه المياه في الوصول من بحيرة ناصر إلى الأجزاء الشمالية من شبكة الري هو:

$$\text{زمن وصول المياه} = \frac{\text{١٠٠٠ كم} \times \text{١٠٠٠ (متر/ كم)}}{\text{٦٠ ثانية} \times \text{٦٠ دقيقة} \times \text{٢٤ ساعة فى اليوم}} = \text{١١,٥٧ يوم.}$$

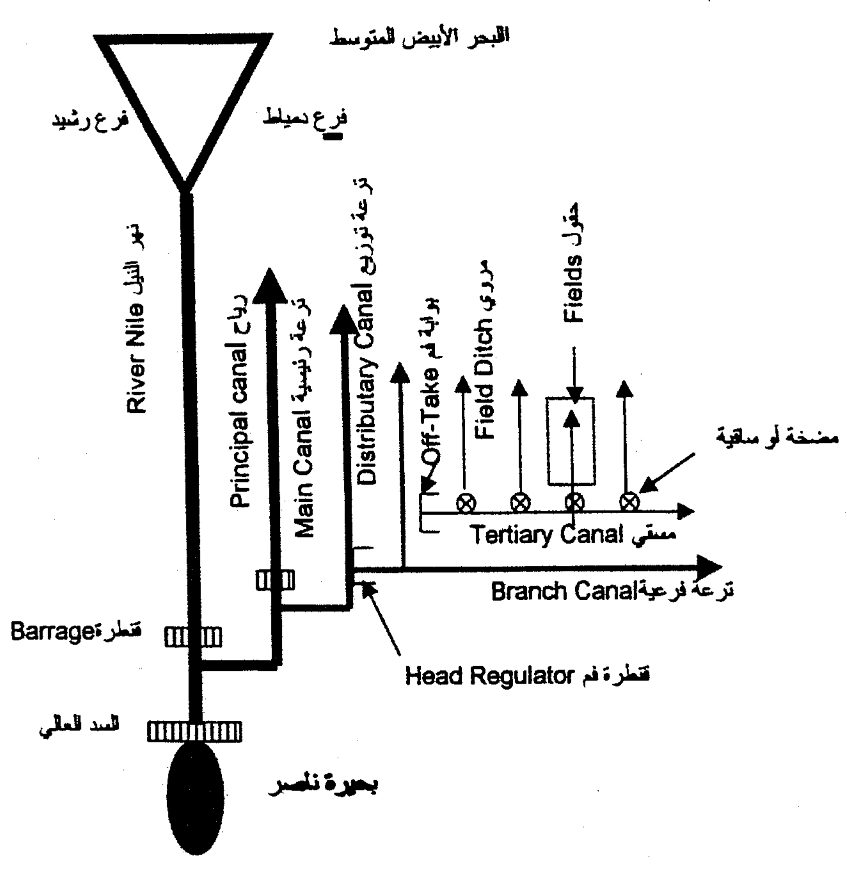
ولتنظيم توزيع المياه تستخدم قناطر الحجز الرئيسية على النيل (إسنا – نجع حمادى – أسيوط – قناطر الدلتا – زفتي – دمياط – إدفينا) وهى بمثابة خزانات فرعية على النيل إذ تقوم بحجز المياه أمامها لتنظيم توزيعها والتحكم فيها. ويبلغ فرق منسوب المياه أمام وخلف القنطرة تقريبا حوالي ٥ متر.

ويعوق حركة توزيع المياه في شبكة الترع ما يلي:

١- إلقاء المخلفات والفضلات في الترع مما يعمل على انتشار الحشائش وإعاقة وصول المياه إلى نهايات الترع مهما تم الدفع بكميات كبيرة منها في بدايتها وقد يؤدى ذلك إلى ارتفاع المياه فوق مناسيب الجسور وقطعها.

٢- عدم التزام الزراع بالمساحات المحددة التي تزرع بالمحاصيل الشرهة بالمياه مثل الأرز وقصب السكر والتي تحددها الدولة.

٣- عدم الالتزام بالمواعيد المحددة التي تزرع بالمحاصيل المختلفة حيث أن دفع كميات من المياه من بحيرة ناصر إلى الأجزاء الشمالية لشبكة الري يستغرق ما يزيد عن ١٠ أيام لذلك يجب العلم بمواعيد بدء زراعة المحاصيل مسبقا بفترة لا تقل عن ١٥ يوم.



شبكة توزيع المياه بالترع المتشعبة في مصر .

مناوبات الري (التوزيع الدورى Rotation Distribution)

وبه يعطى المزارع كمية الماء اللازمة للري خلال فترة زمنية قصيرة ثم يتفرغ بعدها لأعمال أخرى. أو بمعنى آخر فإن التصرف الذى يستعمله المزارع فى رى أرضه أكبر بكثير من التصرف المستمر اللازم، ولذلك فإن الأرض تأخذ ما تحتاجه من الماء لمدة ٨ أو ١٥ يوم خلال فترة زمنية قصيرة. وفى هذه الطريقة يراعى ألا تنخفض الرطوبة فى التربة إلى الدرجة التى تزبل فيها النباتات وذلك فى خلال دور البطالة. وفى العادة فإن المياه تجرى بالترع خلال مدة من الزمان تسمى دور العمالة on-time ثم تنقطع المياه عن هذه الترع خلال مدة أخرى تسمى دور البطالة off-time . ويستطيع المزارع رى أرضه خلال دور العمالة فقط نظراً لعدم وجود المياه فى الترع خلال دور البطالة ويطلق على هذا النظام أسم مناوبات الرى Irrigation rotation .

هذا وتنظم المناوبات عادة بحيث تلائم الدورة الزراعية المتبعة فى المنطقة وكذلك طبيعة الأرض. وعند إنشاء الترع أو خطوط الأنابيب تحت نظام المناوبات تكون مقاطعها أكبر حيث أنها تنقل تصرفات أكبر من المياه بالمقارنة بنظام التصرف المستمر فإذا فرضنا أن عدد أدوار المناوبة n وأن مقنن الفدان تحت نظام التصرف المستمر v فإن مقنن الفدان تحت نظام المناوبات يساوى v.n حيث n تساوى ٣ فى حالة المناوبة الثلاثة وتساوى ٢ فى حالة المناوبة الثنائية ولتوضيح كيفية حساب التصرف اللازم تحت نظام المناوبات نأخذ المثال التالى:-

مثال : احسب التصرف اللازم لرى زمام ٤٠٠ فدان تروى تبعاً لنظام مناوبات ثلاثية مدة المناوبة ١٨ يوم (٦ عمالة + ١٢ بطالة) وأن مقنن الفدان ٢٥ م^3 / فدان. يوم

الحـــل

التصرف اللازم لرى الزمام = $\frac{\text{المساحة} \times \text{مقنن الفدان} \times \text{مدة المناوبة}}{\text{مدة العمالة} \times 24}$

= ٤٠٠ فدان × ٢٥ م^٣ / فدان / يوم × ١٨ يوم مناوبة

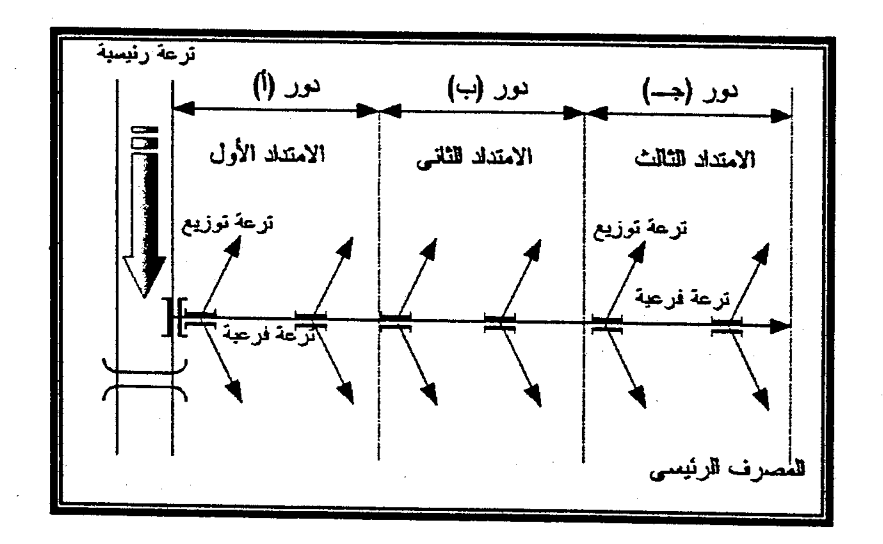
(٦ يوم عمالة × ٢٤ ساعة / يوم)

= ١٢٥٠ م^٣ /س

أنــواع مناويات الـرى

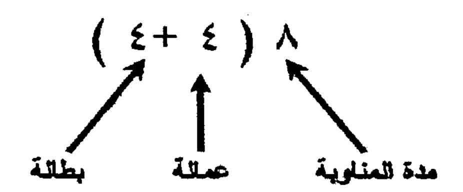
١ ـ المناوبة الثلاثية :

وفيها تقسم الترع والزمام المركب عليها إلى ثلاثة أقسام متساوية تقريباً ويأخذ كل قسم بالتتابع ٥ أيام عمالة و ١٠ أيام بطالة. وتتبع فى مناطق القطن والذرة مناوبة ١٥ يوم (٥ عمالة + ١٠ بطالة).



٢ ـ المناوبة الثنائية:

يتبع نظام المناوبة الثنائية فى مناطق زراعة الأرز وفيها تقسم الترع والزمام المقسم عليها إلى قسمين متساويين تقريباً ويأخذ كل قسم بالتتابع دورة عمالة ودورة بطالة



الأسباب التى دعت إلى أتباع نظام مناوبات الرى هى:

١- عدم حاجة المحاصيل إلى الرى المستمر

٢- تنظيم توزيع المياه نسبيا بين الملاك لعدم كفاية مياه النيل لإعطاء المياه بصفة مستمرة.

٣- تسهيل صرف مياه الرشح وتجفيف الأراضى المشبعة فى وقت البطالة

٤- العمل عى توصيل المياه إلى نهايات الترع وهى غالبا مناطق الشكوى من قلة المياه

المشاكل التى تصاحب نظام المناوبات

١ نظام المناوبات الثابتة لا يناسب التراكيب المحصوليه المختلفه والتى تختلف فيها أعماق الجذور للمحاصيل المختلفة والاحتياجات المائيه للمحاصير المختلفة والتى تحتاج إلى فترات مختلفة بين الريات

٢- غالبا ما يشجع نظام المناوبات المزارع على إضافه كميات كبيره من المياه تفوق الاحتيلجات الفعلية للمحاصيل

ما هي الدول التي تضم حوض النيل؟

يضم حوض النيل ١٠ دول هي. مصر (٦٦ مليون نسمة) والسودان (٢٨ مليون نسمة) وإثيوبيا (٦٣ مليون نسمة) وإريتريا (٤ مليون نسمة) وأوغندا (٢١ مليون نسمة) وكينيا (٢٩ مليون نسمة) وتنزانيا (٣٣ مليون نسمة) وروندا (٨ مليون نسمة) وبوروندي (٧ مليون نسمة) وجمهورية الكونغو الديمقراطية (٥٠ مليون نسمة) ويعيش فى هذا الحوض ٣٠٠ مليون نسمة تقريبا والغالية العظمى يعيشون تحت خط الفقر (أكثر من ٧٥% منهم يقل دخلهم عن واحد دولار في اليوم

باستثناء مصر حيث يصل فيها متوسط الدخل السنوي ١٤٠٠ دولار للفرد ويليها كينيا ٣٦٠ دولار في السنة وذلك حسب تقرير التنمية عن العالم ٢٠٠٠/ ٢٠٠١).

خصائص حوض النيل:

تبلغ المساحة المسئولة عن تجميع مياه النهر، نحو ثلاثة ملايين كيلو متر مربع (حوالي ١/١٠ من مساحة القارة الأفريقية) ولا يزيد الإيراد السنوي المائي للنهر على ٨٤ مليار متر مكعب ماء عند أسوان، بالرغم من أنه يتساقط عليه سنويا أمطار يبلغ حجمها ١٦٠٠ مليار متر مكعب، أي أن الإيراد الفعلي للنهر لا يزيد عن ٥,٢٥% فقط من حجم الأمطار المتساقطة عليه وهى نسبة شديدة الانخفاض. وحيث أن الإيراد السنوي المائي للنهر يبلغ حوالي ٨٤ مليار متر مكعب في السنة يفقد منها حوالي ١٠ مليار متر مكعب بالبخر من سطح بحيرة ناصر أمام السد العالي ليتبقى ٧٤ مليار توزع بمقدار ٥٥,٥ مليار حصة مصر ١٨,٥ مليار حصة السودان.

وتبلغ مساحة البحيرات التي تزود النهر بالمياه نحو ٨١٥٠٠ كيلو متر مربع، منها بحيرة فيكتوريا التى تعتبر ثانى أكبر بحيرة مياه عذبه فى العالم، من حيث المساحة السطحية لها أما منطقة المستنقعات التى تعترض سبيل النهر فى أقصى جنوب السودان فمساحتها ٧٠ ألف كيلو متر مربع.

ونهر النيل هو أطول أنهار العالم (٦٦٩٥ كيلو مترا)، وهو يقطع خط عرض ٣٥ من الجنوب حتى المصب على البحر المتوسط ويعتبر حوض النهر من حيث المساحة يساوى أكبر حوض في العالم ومن حيث الإيراد يعتبر رقم ٢٤.

منابع النيل الرئيسية:

١- الهضبة الاستوائية، وهذه تزود النهر بـ ١٥% من إيراده السنوي. (حيث منبع النيل الأبيض).

٢- الهضبة الأثيوبية، وهذه تزود النهر بـ ٨٥% من إيراده السنوي (حيث منبع النيل الأزرق).

٣

إدارة المياه في الزراعات المروية

Water Management In Irrigated Agriculture

الموارد المائية التقليدية التي يسهل الحصول عليها مثل الأنهار والمياه الجوفية القريبة من سطح الأرض ذات النوعية الجيدة قد تم استغلالها بالكامل تقريباً وقد صاحب عملية تنمية الزراعة المروية هذه ، تدهور التربة فى بعض الأماكن. فمن المشكلات الخطيرة الآن ارتفاع مستوى الماء الأرضي (تطبيل الأرض) والملوحة في الأراضي المروية بسبب سوء إدارة الري وعدم توفر الصرف. ومن هذه المشكلات الخطيرة أيضاً زيادة نسبة الملوحة في المياه الجوفية وانخفاض منسوب هذه المياه نظراً للإسراف في ضخها.

ومن ناحية أخرى ، فإن موارد مياه الري ذات النوعية الجيدة تتناقص في أغلب الأقطار العربية ، وبالتالي أصبح لا مفر من التفكير مستقبلا فى إمكانية

استخدام المياه ذات النوعية المنخفضة ومياه المجارى ومياه المصانع فى الزراعة.

ويؤدى استخدام المياه بصورة تفتقر إلى الكفاءة أو الفعالية إلى إنتاج محاصيل أقل بكثير في أغلب الأحيان من المستوى المتوقع ، وذلك نتيجة انخفاض المساحة المزروعة وانخفاض إنتاجية وحدة المساحة من الأرض نفسها. فالإدارة الجيدة لمياه الري لها أهميتها الشديدة عموماً في زيادة الإنتاج الزراعي .

وهناك مجموعة من المشكلات التي ترتبط باستخدام المياه بصورة تفتقر إلى الكفاءة والفعالية. وهى ذات طبيعة فنية من ناحية، ولها علاقة بالظروف الاجتماعية والاقتصادية والمؤسسية من ناحية أخرى. فمن الناحية الفنية ، هناك مشكلات فقد المياه في شبكات نقل وتوزيع المياه. والنتيجة هي عدم زراعة أجزاء من الأراضي الزراعية ، ووصول كميات قليلة من مياه الرى إلى لأجزاء من الأراضى المزروعة. كما أن مياه الري تكون غير مضمونة في أغلب الأحيان نظراً لسوء التحكم في إدارة شبكة الري الرئيسية وتشغيلها ، وهو ما يؤدى إلى نقص المياه فى مناطق مع زيادتها فى ومناطق أخرى.

أما عندما تأتى إلى المزرعة نفسها ، فسنجد أن المياه لا توزع بالتساوي ، فالمزارع الذي تقع أرضه في بداية شبكة الري يحصل على كمية من المياه أكبر من تلك التي يحصل عليها من تقع أرضه فى نهايتها. أما على مستوى المزارع نفسه فإن نظام الري الحقلي وتصميم شبكة التوزيع يتسمان غالباً بالقصور وبذلك يعجز المزارع عن الحصول على النتائج المثلى.

ويذهب قدر كبير من المياه التي تضيع من قنوات التوصيل وفى الحقول إلى طبقات التربة العميقة لتتسبب في ارتفاع منسوب الماء الأرضي واقترابه من منطقة الجذور للنباتات المزروعة. وحيث أن هذه المياه تحتوى عادة على أملاح مذابة فإن الضرر الناجم عن تطبيل الأرض يكون مضاعفاً بتأثير ما

يصاحبه من ملوحة التربة. ويشكل هذان الشكلان من أشكال تدهور التربة ـ أي تطبيل الأرض والملوحة ـ عقبة أمام الزراعة والبيئة.

وتقلل هذه المشكلات المادية من فوائد استخدام المدخلات الزراعية. ولاسيما الأسمدة والمبيدات والميكنة. كما أن أصناف المحاصيل العالية الإنتاج وما يرتبط بها من أساليب زراعية محسنة تتطلب تحسناً مماثلاً فى ضمان الرى ودقته.

ولا يمكن أن تعزى هذه المشكلات بأكملها إلى نقص التكنولوجيا في إدارة الري. فالحقيقة أن هناك ثروة من المعلومات عن جميع الجوانب المتعلقة بمشروعات الري وشبكات الصرف التى يمكن تصميمها وتركيبها بمنتهى الاطمئنان بحيث يمكن تلافى تطبيل الأرض والملوحة.

فالمشكلة هي أن تطبيق المعلومات والتكنولوجيا المتاحة ـ وليس توافرها كان ولازال بطيئاً. وينطبق ذلك على حقول المزارعين كما ينطبق على تصميم الشبكات الرئيسية وتشغيلها. وأهم أسباب ذلك هو القصور في نقل المعلومات إلى مستخدمي المياه ، مع قصور الخدمات والترتيبات المطلوبة من المؤسسات المختلفة بالإضافة إلى المشكلات الاجتماعية والاقتصادية.الخ.

مشاكل الرى Irrigation Problems

تتطلب التنمية المتواصلة في الزراعة المروية الإبقاء على المبادئ الأساسية لإدارة المياه والمحافظة عليها والتحكم فى الملوحة والنحر erosion للتربة وفى نفس الوقت المحافظة على المياه من التلوث والتغلب على المشاكل الاجتماعية والاقتصادية والإدارية.

١ ـ انخفاض إنتاجية المحصول Low Crop Yield

في بعض المناطق تنخفض إنتاجية المحصول بالنسبة لوحدة المساحة من الأرض المروية عن المتوقع وعادة ما يرجع ذلك لأسباب فنية وغير فنية والسبب الرئيسى قد يرجع إلى عدم توافر مياه الرى فى الأوقات الحرجة لنمو

المحصول أو عدم الجدولة الصحيحة للرى. وينخفض إنتاج المحصول عندما تكون الاحتياجات المائية للمحصول أكبر من المياه التي يستخلصها عن طريق الجذور إما بسبب قلة انتشار الجذور وسطحيتها أو قلة السعة التخزينية للتربة Soil water - holding capacity انخفاض إنتاجية المحصول نتيجة الإجهاد الرطوبى Plant water stress أثناء المراحل الحرجة للنمو Critical growth stages قد تحدث حتى إذا كانت مياه الري الكلية المضافة للمحصول مناسبة ولذلك يجب أن تكون مياه الري موزعة على موسم النمو للمحصول بحيث تتساوى مع استهلاك المحصول أثناء مراحل النمو المختلفة. فقليل من المزارعين الذين يستخدمون الطرق العلمية لجدولة الري وفى أحدث بحث عن ذلك وجد أن ٣% من المزارعين في ولاية كاليفورنيا هم الذين يستخدمون جدولة الري بطريقة علمية.

أما العامل الثاني المسبب لانخفاض إنتاجية المحصول هو ارتفاع مستوى الماء عن الأرضي وتلميح التربة. أما الأسباب الفنية الأخرى والتي تساهم في تقليل إنتاجية المحصول فهي التسميد الغير كافي ونمو الحشائش والآفات والأمراض.

٢ ـ الجفاف ونقص المياه Drought and water shortage

أن التغير المناخي الذي يتسبب في الجفاف وقلة الحصول على المياه بالإضافة إلى ارتفاع درجة الحرارة وزيادة الاستهلاك المائى للمحاصيل يمثل تحدياً كبيراً للزراعة المروية. فعند حدوث ندرة في المياه وإعادة توزيع المياه على الاستخدامات المختلفة من الناحية الاقتصادية فإن الري سوف يكون الخاسر الأكبر big loser في المنافسة على المياه. لذلك يجب عمل خطط بديلة في حالة حدوث الجفاف على المستوى القومي وتحسين انسياب المعلومات الدقيقة التي تساعد في عمليات اتخاذ القرار.

٣ ـ ارتفاع مستوى الماء الأرضي وتمليح التربة Soil water logging and salinization

إن ارتفاع مستوى الماء الأرضي وتمليح التربة ليس أمراً محتوماً في الأراضي المروية على الرغم من ذلك ففى مناطق كثيرة من العالم تسبب ارتفاع مستوى الماء الأرضى فى مشاكل تمليح خطيرة للتربة وانخفاض فى إنتاجية المحاصيل. والسبب الرئيسي في ارتفاع مستوى الماء الأرضي هو الإسراف في إضافة مياه الري للأراضي المحدودة الصرف • فمن الطبيعي أن يتناسب ارتفاع مستوى الماء الأرضي مع زيادة مياه الري التي تتسرب إلى الماء الأرضي حتى يقترب مستوى الماء الأرضى إلى مستوى المنطقة الشعرية لاستخلاص جذور النباتات. وحينئذ يصل المياه إلى سطح التربة بواسطة الخاصية الشعرية Capillary action مما يسبب في زيادة البخر السنوي من سطح الأرض أو تقليل معدل الرشح من القنوات المجاورة حيث يقل الانحدار في الضغط الهيدروليكي. ويتسبب زيادة البخر من سطح الأرض إلى تمليح التربة حيث تتبخر المياه تاركة الأملاح على سطح التربة.

ومن أمثلة ارتفاع مستوى الماء الأرضي بعد بدء مشاريع الري في الأراضي الجديدة ما حدث في قرية الشجاعة وعبد الحليم محمود فى منطقة غرب النوبارية حيث توجد طبقة غير منفذة للمياه قريبة نوعا ما من سطح الأرض (٢ ـ ٥ متر) تراكمت المياه الزائدة من الري فوقها مما تسبب في ارتفاع مستوى الماء الأرضي المعلق (Perched water table) ويوجد أمثلة أخرى عديدة في بلاد أخرى مثل باكستان وولاية كاليفورنيا. ومن هنا يتضح أهمية إنشاء نظام للصرف عند إنشاء نظام الري.

٤ ـ التخلص من مياه الصرف Drainage Effluent Disposal

في الماضي كان يتم التخلص من مياه الصرف المالحة بصبها فى البحر والآن عند زيادة المنافسة على المياه يتم خلطها بالمياه العذبة أو بمعنى

آخر صبها فى الترع وفى بعض المناطق فى العالم يتم صبها فى برك أو بحيرات تبخير evaporation ponds فى حالة الحاجة إلى المحافظة على مياه الري عند نوعية مرتفعة. وفى مصر يتم استخدام مياه الصرف لأغراض الري وذلك على النحو التالي:

درجة ملوحة مياه الصرف بالجزء فى المليون	تستخدم في الأراضي:	نسبة خلط مياه الصرف بالمياه العذبة
أقل من ٥٠٠	جميع الأنواع	مباشرة دون خلط
٥٠٠ ـ ١١٠٠	جيدة الصرف	تخلط بنسبة ١:١ إذا تجاوز مجموع الأملاح الذائبة ٧٠٠جزء فى المليون
١١٠٠ ـ ١٥٠٠	جيدة الصرف	١:١
١٥٠٠ ـ ١٧٥٠	جيدة الصرف	٣:١

٥ ـ النحر وترسيب الطمي (الإطماء) Erosion and Sedimentation

إن نحر التربة ينخفض إنتاجيتها علاوة على أن ترسيب الطمي أو الإطماء فى المجارى المائية وكذلك خزانات المياه يقلل من قدرتها على حمل واستيعاب المياه. فقد بينت بعض الدراسات في جنوب ولاية ـ أيداهو وأشارت إلى أن بعض الحقول فقدت من ٣٥ إلى ٢٠سم من الطبقة السطحية الخصبة نتيجة النحر وبالتالي تقليل الإنتاجية بمعدل ٢٥%.

٦ ـ حماية نوعية المياه Water Quality Protection

من الأهمية أن يتم إدارة مياه الري أو ممارسة الري بحيث لا يؤثر ذلك على نوعية مصادر المياه من مياه سطحية أو مياه أرضية حيث أن إضافة مياه الرى وخلطها بالأسمدة والمبيدات الكيماوية ثم تسرب هذه المياه تحت منطقة الجذور إلى المياه الأرضية أو فقدانها بالجريان السطحي إلى المياه السطحية يؤثر على نوعه المياه ويسبب تلوثها وهذا يشتمل على ترسيب الشوائب والطمي والأسمدة والأملاح المذابة والمبيدات والكيماويات العضوية السامة.

٧ ـ النواحي الاجتماعية والاقتصادية والإدارية Social, Economic and Institutional Issues

في بعض المناطق يؤثر استخدام المياه في الري على استنفاذ المياه الجوفية وهبوط مستوى الماء الأرضى بدرجة كبيرة. وفى بعض المناطق تؤثر مياه الري على تلوث مياه الشرب. وقد يؤثر تحويل المياه من الأنهار واستنفاذها بغرض الري على الحياة البرية الطبيعية وأيضا على الأسماك.

إن الاستخدامات الأخرى للمياه تنافس استخدام المياه في الري من الناحية الاقتصادية ولن أزمة الطاقة تؤثر على اقتصاديات المياه حيث أن المياه ترفع وتضخ باستخدام الطاقة التى يؤثر تزايد سعرها على سعر تكلفة المياه.

الحفاظ على المياه Water conservation

يؤكد البعض أن السبب الوحيد للتوفير في استخدام المياه هو زيادة سعر المياه أو بمعنى آخر تسعير المياه وقد قام (Bucks (1990 بمناقشة موضوع صيغة المياه والعوامل الفعالة التى تحافظ على المياه وهى تتلخص فى تقليل الطلب وزيادة المياه المتاحة.

إدارة الطلب على المياه Demand Management

تتضمن أهداف إدارة الطلب على المياه تخفيض كل من فواقد المياه والبخر نتح المفيد الذى يستهلكه النبات وذلك فى كل من سنوات الجفاف وسنوات توافر المياه على السواء .

هذا ولتحقيق أهداف إدارة الطلب على المياه بغرض الحفاظ عليها في الزراعات المروية نتبع الأساليب التالية قرين كل هدف.

الهدف الأول: تقليل فواقد المياه أو ترشيد استخدامها

١ - **جدولة الري :** تزويد المزارعين بالمعلومات عن متى تتم عملية الرى وكمية المياه المطلوب إضافتها.

٢ - **زيادة كفاءة الري :** مثل تبطين القنوات واستعمال الأنابيب وتسوية التربة واستخدام منشآت التحكم فى المياه واستخدام طرق الرى المتطور.

٣ - **تقليل الفاقد بالبخر سواء من سطح المياه أو من سطح التربة:** وذلك باستخدام بقايا المحاصيل أو التغطية بالبلاستيك plastic mulches مع استخدام الرى بالتنقيط للأشجار والرى بالتنقيط تحت التربة للمحاصيل التى تزرع على صفوف.

٤ - **تقليل الماء المستهلك بواسطة النباتات الغير مرغوبة:** بالقضاء على الحشائش والنباتات المائية.

الهدف الثاني: تقليل الاستهلاك المائى للمحاصيل

١ - تقليل ماء الري المضاف عن أقصى استهلاك مائي Limited Irrigation .

٢ - تقليل المساحة المحصولية التي تعتمد على الري وذلك بتحويل جزء من المساحة للزراعة المطرية.

٣ - اختيار المحاصيل التي تتحمل الجفاف resistant–drought

٤ - استخدام نظم ونماذج اتخاذ القرار: استخدام بيانات توافر المياه للحصول على الإدارة المثلى لكل من الطاقة، الملوحة، الأسمدة، الحشرات، ... الخ لمحصول معين.

وسوف نستعرض موضوع جدولة الري بالتفصيل فيما بعد ولهذا سوف نتناول هنا بعض النقاط التي تحتاج إلى توضيح ومنها:-

زيادة كفاءة الري وانتظام توزيع المياه

Increased Irrigation Efficiency and water Application Uniformity

إن التعريف المبسط لكفاءة الري (E_i) هو النسبة بين كمية مياه الرى المفيدة التى يستهلكها المحصول ET_c إلى كمية مياه الرى التى تصل للحقل IW كما هو موضح بالمعادلة

$$E_i = \frac{ET_c}{IW}$$

وقد استخدمت هذه المعادلة لتصميم وتقييم نظم الري لمدة لا تقل عن مائة سنة وهى مفيدة حيث أنها تعطى رقم واحد لقيمة كفاءة الري الإجمالية وهى تعتمد على طريقة الري المستخدمة. ومما لاشك فيه أن تحسين كفاءة الري يساعد في تقليل المياه المستخدمة في الري سواء المياه السطحية أو المياه الجوفية التي يتم رفعها (IW) وذلك عن طريق تقليل فاقد التسرب العميق والجريان السطحى.

أن الاستهلاك المائى للنبات (البخر نتح) ET_c للمحاصيل الكثيفة لا يختلف باختلاف طريقة الري ولكن الاستهلاك المائى ET_c للأشجار الصغيرة والتي تزرع على مسافات متباعدة يكون أقل عند استخدام طريقة الرى بالتنقيط عن طرق الرى الأخرى مثل الرى السطحى والرى بالرش حيث أنه في الري بالتنقيط لا يبتل مساحة الأرض كلها بل نسبة منها قد تصل من ٣٠ إلى ٦٠% بمتوسط تقريبي ٥٠% حيث أن المساحة بين الأشجار لا تبتل بالمياه. ومن الجدير بالذكر هنا إننا عندما نقول أن كفاءة الري بالتنقيط ٩٠% أو أن كفاءة نظام الري بالرش ٧٥% وكفاءة الري السطحي ٦٠% فليس معنى ذلك أن كل نظام رى بالتنقيط يحقق كفاءة ٩٠% حيث أن هذه القيم من الممكن الحصول

عليها من هذه الطرق وليس بالطبع هي القيم الفعلية حيث تعتمد على المحصول والتربة والمناخ ومستوى إدارة المياه Level of water management وغالباً ما تميل كفاءة الري إلى الارتفاع كلما زاد التحكم في نظام الري الحقلي. ولذلك تزداد كل من التكاليف الثابتة والمتغيرة لنظام الري بزيادة الكفاءة حيث أن زيادة الكفاءة تتطلب معدات جيدة من حيث التحكم وزيادة ضغط التشغيل وبالتالي الضغط الذي تعطيه المضخة فارتفاع تكاليف نظام الرى ذات الكفاءة العالية قد يصاحبه تقليل تكاليف الصرف أو تأخير الحاجة إلى نظام صرف جديد أو نظام صرف محسن. ومن المؤكد أن نظم الري المختلفة (سطحي، رش ، تنقيط) كل له المكان الذي يتناسب معه في الزراعات الحالية. وعلى الرغم من ذلك ففعالية أي نظام ري لا يمكن أن توصف برقم واحد وهو كفاءة الري. فمثلاً فنظام الري الفعال effective هو الذي يختزن كل ماء الري المضاف في منطقة الجذور والذى يكون متاح للمحصول (كفاءة إضافة مياه مرتفعة)، كل رية سوف تقوم بتعويض الماء المستنفذ من منطقة الجذور (كفاءة تخزين مياه مرتفعة). وماء الري المضاف سوف يتوزع بانتظام على كل جزء من الحقل المطلوب ريه (كفاءة انتظام توزيع مياه مرتفعة). فكثيراً من نظم الري السطحي لا يمكنها تحقيق كفاءة إضافة مياه مرتفعة أو كفاءة انتظام توزيع مياه مرتفعة ويرجع ذلك للاختلافات فى التربة وعدم انتظام معدل التسرب للمياه خلال الحقل أو قد يرجع إلى نقص فى المعلومات عند المزارع عن معدل إضافة المياه عند رأس الحقل وطرق قياسها والتحكم فيها.

لقد أصبح في الإمكان باستخدام طرق الري المتطور من رش وتنقيط أن تضاف المياه على فترات رى متقاربة بمقدار يتساوى مع الاستهلاك المائى للمحصول ET_c بطرق الجذولة المختلفة. وقد تتقارب فترات الري لتصل إلى الري اليومي في بعض الحالات وحينئذ يقل الاعتماد على قدرة التربة على تخزين المياه عند تباعد الفترة بين الريات. وبذلك فإن الخواص الطبيعية للتربة

مثل السعة التخزينية للتربة Water holding capacity أو السعة الحقلية field capacity والتي كانت تعتبر قديماً حاسمة فى تقسيم الأراضى لا تشكل الآن عاملاً كبيراً فى تحديد أو تقسيم الأراضى الممكن ريها. فالأراضي الرملية الخشنة والغير منتظمة الطبوغرافية والمتموجة أو المنحدرة يمكن الآن ريها بكفاءة عالية. حيث تسمح طرق الري المتطور ذات الفترات المتقاربة بين الريات (High - Frequency) وبكميات صغيره من المياه (Low - volume) للمزارع أن يحتفظ بمعدل ثابت من غسيل الأملاح وصرفها من منطقة الجذور. فإتباع نظام الري المتقارب غالباً يتطلب ارتفاع في تكاليف إنشاء نظام الري وتكاليف تشغيله أيضاً بالإضافة إلى تكاليف الصيانة المرتفعة. وكذلك فإن الفاقد في التبخر نتيجة الري المتقارب قد ينتفع به في ترطيب وتبريد المحصول وبذلك يقلل من الجهد الرطوبى أو الشد الرطوبى للمحصول. واستخدام نظم الري المتطور في الري المتقارب قد يتطلب أيضاً مستوى عالي من التعليم والمعاونة الفنية لتشغيلها بنجاح.

تقليل البخر Reduced Evaporation

يصل البخر من السطح المائى مثل الخزانات والبحيرات إلى ٢ متر/عام فى المناطق الجافة الحارة وإلى حوالى أقل من ١ متر/عام فى المناطق الرطبة الباردة. ويمكن تقليل البخر من السطح المائى بواسطة عدة طرق منها استعمال الفيلم الكيميائي Chemical films ولكن وجد أنها غير عملية أما الطرق الأخرى فهي استعمال أشياء تطفو على سطح المياه مثل كرات البنج بونج ping-pong balls أو قطع الاستيرفوم Styrofoam blocks، أو العلب الفارغة empty containers أو غطاء من البلاستيك sheets of foam rubber. ويمكن أيضاً تقليل البخر من السطح المائى بتقليل السطح المائى المعرض للجو أو تقليل مساحة السطح لوحدة الحجم من المياه عن طريق تعميق الخزانات أو المجرى المائى.

أما البخر من سطح التربة فيمكن تقليله مثلاً عند زراعة الخضراوات الكثيفة باستعمال رقائق أو سطح من البلاستيك لتغطية الأرض Plastic mulches or covers وتقليل البخر بينما تقوم أنابيب الرى بالتنقيط بتزويد المحصول بالماء اللازم للنتح من النبات فقط. وقد تستخدم طرق الزراعة الجافة dry land farming للحفاظ على المياه في منطقة الجذور خلال فترة ترك الأرض بدون زراعة Fallow لمدة عام وزراعة المحصول في العام التالي حيث يتم تجميع مياه الأمطار لعامين متتاليين.

الري بكميات محدودة Limited Irrigation

أن الري بكميات مياه محدودة أو بالعجز Limited or deficit irrigation تعنى الرى بكميات تقل عن الاستهلاك المائى المحسوب للمحصول ET_c والذى يطلق عليه فى هذه الحالة أقصى استهلاك مائى للمحصول ET_m حيث يمثل الحالة المثالية لنمو المحصول وهو المحسوب من المعادلة.

$$ET_m = ET_c = k_c \cdot ET_o$$

حيث ET_o هو مجمل البخر نتح لسطح ممتد تغطيه نباتات خضراء بارتفاع منتظم وسوف نتحدث عنه بالتفصيل في حساب المقننات المائية

k_c : معامل المحصول وسوف نتحدث عنه أيضاً بالتفصيل

والري بكميات مياه محدودة يشمل

١ ـ تخطيط ميعاد زراعة المحصول بحيث تتزامن فترة أقصى استهلاك مائى للمحصول مع الفترة المتوقعة لسقوط الأمطار وتخزينها فى التربة.

٢ ـ تقليل رطوبة التربة إلى أقل مستوى ممكن لها قبل إضافة مياه الري.

٣ ـ إضافة كميات مياه ري أقل من الممكن تخزينها في منطقة انتشار الجذور من التربة.

وتتبع طريقة الري بكميات محدودة عند قلة موارد المياه أو محدوديتها وكذلك عند ارتفاع تكاليف مياه الرى. وقد يجد المزارع نفسه بين اختيارين عند قلة

مياه الري إما أن يقلل المساحة التي سوف يقوم بريها على أن يوفر لهذه المساحة كمية المياه اللازمة للحصول على أعلى إنتاج وإما أن يضيف كمية المياه المتاحة على كل المساحة وبالتالى الحصول على إنتاج أقل والذي يقوم بحسم هذا الاختيار هو الناحية الاقتصادية وذلك بحساب العائد الصافي من كلتا الاختيارين. ويمكن كتابة دالة إنتاج المياه Water production function والتي تعتمد على المحصول والصنف والمناخ كالآتي في صورة نسبية.

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = K_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right)$$

حيث K_y : هو معامل استجابة إنتاجية المحصول لنقص المياه Yield response factor

Y_a : الإنتاج الفعلي للمحصول عند إضافة كمية مياه فعلية ET_a .

Y_m : أقصى إنتاج للمحصول يمكن الحصول عليه عند إضافة الاستهلاك المائى للمحصول ET_m .

ET_a : الاستهلاك المائى الفعلي للمحصول

ET_m : الاستهلاك المائى المحسوب أو الأقصى للمحصول.

وقد وضعت المعادلة في صورة نسبية لتقليل اختلافات المناخ ولكن هذا العمل يعتبر صحيحا إذا كانت المعادلة خطية والخط يمر بنقطة الأصل.

مثال : المطلوب إضافة مياه ري تقل بمقدار ١٠% عن الاستهلاك المائى المحسوب وكان معامل استجابة المحصول يساوى ١,٢٥ أوجد النسبة المتوقعة للنقص في المحصول.

الحــل

$$K_y\left(1-\frac{ET_a}{ET_m}\right)=\left(1-\frac{Y_a}{Y_m}\right)$$

$$1.25\times0.10=\left(1-\frac{Y_a}{Y_m}\right)$$

$$\therefore\quad 1-\frac{Y}{Y_m}=0.125$$

أي أن النسبة المتوقعة للنقص فى المحصول١٢,٥ %

أي أن نسبة المحصول الفعلى إلى أقصى محصول $\frac{Y_a}{Y_m}$ تساوى ٨٧,٥%

ومعامل استجابة المحصول يختلف حسب مرحلة نمو المحصول والجدول(٣-١) يعطى القيم لمراحل النمو المختلفة ويمكن حساب النقص فى المحصول التراكمى للمراحل المختلفة للنمو من المعادلة التالية:

$$\left(1-\frac{Y_a}{Y_m}\right)_i=1-\left(\frac{Y_a}{Y_m}\right)_1\times\left(\frac{Y_a}{Y_m}\right)_2\times\ldots\ldots\times\left(\frac{Y_a}{Y_m}\right)_i$$

حيث i هي رقم مرحلة النمو

إذا كانت قيمة معامل استجابة المحصول تساوى ١ فهذا يعنى أن النسبة المتوقعة للنقص فى المحصول تساوى نفس نسبة النقص فى المياه أما إذا كانت قيمة معامل استجابة المحصول تقل عن الواحد كأن تساوى ٠,٨ مثلاً فهذا يعنى أن نسبة نقص في المياه مقدارها ١٠% يقابلها نسبة نقص متوقعة في المحصول مقدارها ٨%.أي أن المحصول تقل حساسيته بالنسبة لنقص المياه. أما إذا كانت قيمة معامل استجابة المحصول تزيد عن الواحد كأن تساوى ١,٢ مثلاً فهذا يعنى أن نسبة نقص في المياه مقدارها ١٠% يقابلها نسبة نقص متوقعة في المحصول مقدارها ١٢% أى أن المحصول حساس بالنسبة لنقص المياه.

جدول (٣-١) معامل أستجابة المحصول KY (FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER 33)

المحصول	مرحلة (١) النمو الخضرى			مرحلة٢	تكوين ٣	النضج	أجملي فترة
	المبكرة	المتأخرة	الكلية	الأزهار	المحصول	٤	النمو
برسيم حجازى			١,١ -٠,٧				١,١ - ٠,٧
موز							١,٣٥ -١,٢
فول			٠,٥	١,١	٠,٧٥	٠,٢	١,١٥
كرنب	٠,٢				٠,٤٥	٠,٦	٠,٩٥
موالح							١,١ - ٠,٨
قطن			٠,٢	٠,٥		٠,٢٥	٠,٨٥
عنب							٠,٨٥
فول سودانى			٠,٢	٠,٨	٠,٦	٠,٢	٠,٧
ذرة			٠,٤	١,٥	٠,٥	٠,٢	١,٢٥
بصل			٠,٤٥		٠,٨	٠,٣	١,١
بسلة	٠,٢			٠,٩	٠,٧	٠,٢	١,١٥
فلفل							١,١
بطاطس	٠,٤٥	٠,٨			٠,٧	٠,٢	١,١
قرطم		٠,٣		٠,٥٥	٠,٦		٠,٨
ذرة رفيعة			٠,٢	٠,٥٥	٠,٤٥	٠,٢	٠,٩
فول صويا			٠,٢	٠,٨	١,٠		٠,٨٥
بنجر للعلف							١,٠ - ٠,٦
بنجر السكر							١,١ - ٠,٧
قصب للسكر			٠,٧٥	١,٠	٠,٥	٠,١	١,٢
عباد الشمس	٠,٢٥	٠,٥		١,١	٠,٨		٠,٩٥
طماطم			٠,٤	٠,٨	٠,٨	٠,٤	١,٠٥
بطيخ	٠,٤٥	٠,٧		٠,٦	٠,٨	٠,٣	١,١
قمح			٠,٢		٠,٥		١,٠

ومن الجدول يتضح أن المحاصيل الحساسة لنقص المياه هي التي يزيد معامل استجابة المحصول لها عن الواحد مثل الموز والذرة وقصب السكر والفول وذلك عند نقص المياه بانتظام على مدار موسم النمو ولكن تختلف هذه القيم حسب مرحلة النمو وبذلك يمكن تخفيض مياه الري في الفترات غير الحساسة للمياه والتي يقل فيها معامل استجابة المحصول عن الواحد الصحيح وهى كما يتضح من الجدول المراحل المبكرة للنمو ومرحلة النضج حيث يمكن تقليل كمية المياه عن الاستهلاك المائى المحسوب ET_m.

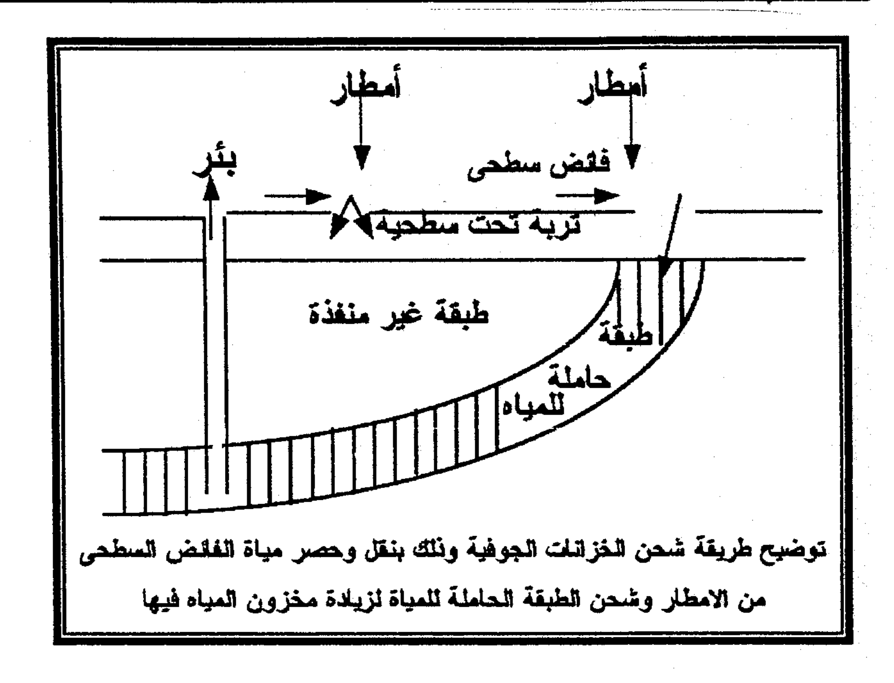
إدارة موارد المياه *Supply Management*

تشمل أهداف إدارة المياه تخزين مياه الجريان السطحى، وحصاد المياه مما يزيد من موارد المياه المتاحة والوقت الأمثل لإدارة المياه هو خلال سنوات وجود الفائض منها ففى سنوات الجفاف تقل فوائض المياه. والجدول(٣-٢) يستعرض أهم الأساليب التكنولوجية لإدارة موارد المياه:

ومن الجدير بالذكر أن إعادة استخدام مياه الصرف تعد من أهم المصادر لزيادة موارد المياه المتاحة، فاستخدام مياه الصرف أو مياه الصرف الصحى المعالجة يقلل من تلوث مياه الأنهار والبحيرات وذلك عند توجيه هذه المياه إلى الأرض بدلاً من الأنهار والبحيرات وقد نذكر هنا موضوع صرف مياه الصرف الصحى المعالجة لمدينة الإسكندرية إلى البر أم البحر والتى أخذت العديد من المناقشات والمداولات احتلت سنوات على رأس قوائم الصحف وشغلت الرأى العام المصرى حتى استقر الرأى أخيراً على الصرف فى البر بدلاً من البحر.

جدول(٣-٢) : إدارة موارد المياه بغرض المحافظة عليها فى الزراعات المروية للمناطق الجافة.

الهدف	أسلوب تطبيقه
زيادة تخزين مياه الجريان السطحى	١ ـ إنشاء الخزانات الصغيرة لتجميع وحجز مياه الجريان السطحى والسيول لاستخدامها أثناء فترات الجفاف. ٢ ـ شحن الخزانات الجوفية وذلك بنقل وحصر مياه الفائض السطحى وشحن الطبقات الحاملة للمياه لزيادة مخزون المياه فيها.
زيادة إنتاجية المياه	١ ـ حصاد المياه عن طريق عمل طبقة سطحية غير منفذة للمياه لتقليل نفاذية التربة للمياه وتخزين مياه الجريان السطحى. ٢ ـ إدارة الغطاء النباتى وذلك لتقليل أو زيادة الجريان السطحى لتحسين شحن المياه الجوفية وزيادة مخزونها. ٣ ـ إدارة رطوبة التربة وذلك بالعمليات الزراعية لتقليل الجريان السطحى والبخر وزيادة رطوبة التربة المختزنة وزيادة الاستفادة برطوبة التربة عن طريق زراعة المحاصيل المحملة INTERCROPPING وأيضاً زراعة محصولين أو أكثر خلال عام MULTIPLE CROPPING SYSTEM ٤ ـ زيادة تعمق جذور المحاصيل وذلك بتكسير الطبقات الصماء واختيار أصناف وأنواع المحاصيل ذات الجذور العميقة وذلك لزيادة قدرة المحصول على استخلاص الرطوبة من التربة.
زيادة موارد المياه المتاحة	١ ـ بتحويل المياه من المناطق ذات الفائض إلى المناطق التى تعانى نقص المياه. ٢ ـ استخدام مياه الصرف المتوسطة الملوحة واستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة.



توضيح طريقة شحن الخزانات الجوفية وذلك بنقل وحصر مياة الفائض السطحى من الامطار وشحن الطبقة الحاملة للمياة لزيادة مخزون المياه فيها

طرق إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة فى الرى:

١ ـ تناوب استخدام مياه الصرف المالحة ومياه الرى العادية فى زراعة محاصيل تتحمل الملوحة ومحاصيل حساسة بمعنى زراعة محاصيل تتحمل الملوحة وريها بمياه الصرف لمدة موسم ثم فى الموسم الذى يليه تزرع محاصيل حساسة بمياه الرى العادية.

٢ ـ استخدام مياه الصرف فى زراعة محاصيل تتحمل الملوحة.

٣ ـ تقطير مياه الصرف المالحة عن طريق تجميعها فى خزانات وتبخيرها ثم استخدامها فى الرى أو الصناعة .

٤ ـ إدارة استخدام كل من مياه الصرف المنخفضة النوعية ومياه الرى المرتفعة النوعية لمنع تمليح التربة وذلك باستخدام مياه الصرف فى أقل من ٥٠% من الاحتياجات المائية للمحصول حيث أن المحاصيل الحساسة للملوحة لا تقل إنتاجيتها إذا استخدمت مياه الصرف بتوقيت معين أثناء مراحل النمو حيث أنه عند مرحلة الإنبات والتكشف يتم الرى بمياه الرى

العالية النوعية لغسيل الأملاح من منطقة الجذور ثم يتم الرى بعد ذلك بنسب خلط لحفظ التوازن الملحى فى منطقة الجذور عند الحد الذى لا يقلل من إنتاجية المحصول فحينما يتم خلط المياه العذبة بمياه الصرف المالحة لاستخدامها فى الرى فيمكننا أن نتصور إن النبات يأخذ جزء المياه العذبة ويترك جزء المياه المالحة فى التربة فعملية الخلط تقلل تركيز الأملاح مما يجعل النبات قادراً على استخلاص الرطوبة من التربة أما جزء المياه المالحة الذى يتركه النبات فى قطاع التربة فيجب غسيله لحفظ التوازن الملحى فى منطقة الجذور بما يلائم نمو النبات.

الأساليب التشريعية المتبعة فى إدارة المياه فى الزراعات المروية:

تؤثر كل من البنية القانونية والإدارية فى ممارسة عمليات الرى على نجاح أو فشل المشروع ولذلك فإن بحث النواحى الفنية فقط للمشروع غير كافى ويوجد نوعين من المبادئ القانونية ترتكز عليها حقوق المياه.

١ ـ مبدأ حقوق ضفة ـ النهر Doctrine of Riparian Rights

يخول هذا المبدأ استعمال المياه من قبل الأراضي المتاخمة للنهر بمعنى أن المياه مرتبطة أو مصاحبة للأرض وهذا المبدأ مأخوذ من القانون الإنجليزي القديم Old English Common Law وفيه يستعمل ملاك ضفة النهر أو المستوطنون على امتداد المجرى المائى في المناطق الرطبة (شرق الولايات المتحدة) ما يلزمهم من الماء وفقا لمبدأ القانون العام لحقوق ضفة النهر ـ وفيه نحول لكل مالك لأرض متاخمة ـ للمجرى استخدام انسياب الماء بالمجرى الطبيعي ولا يكسبه استخدامه للماء حقا كما أن عدم استخدامه له لا يفقده حق ضفة النهر. ويعتبر هذا المبدأ استعمال الماء للري استعمال صناعي وعادة لا يسمح به حيث أن هذا المبدأ للمناطق الرطبة ولذلك يسمح للاستعمال لأغراض الملاحة ولاستجمام. وقد أدخلت تعديلات أدت إلى مبدأ الانسياب الطبيعي Natural flow doctrine الذي يسمح لمالك ضفة النهر بتحويل الماء

للري في حالة وجود فائض من لحتياجات ملاك الضفة خلف موقعة وبشرط أن لا يؤدى هذا التحويل إلى خفض منسوب الماء كثيراً أو تغيير صفته ويسمح مبدأ الاستعمال المعتدل reasonable use باستعمال أكثر مرونة للماء بغرض الري.

٢ ـ مبدأ حقوق التخصيص المسبق Doctrine of prior appropriations

نتيجة لتحرك المزارعين من المناطق الرطبة إلى المناطق الجافة في الولايات المتحدة نتج عن ذلك مبدأ أسبقية استعمال المياه " first in time, first in right " أى أن التنمية فى المناطق الجافة اعتمدت على تخصيص الحقوق المائية المسبق للاستعمال المفيد Beneficial use وحيث أن المياه محدودة فى المناطق الجافة فقد أنبثق عن هذه الحاجة للمياه مبدأ حقوق التخصيص المسبق الذي يؤكد على نشوء الحقوق المائية بأسبقية استعمال المياه لأن استعمالها يوجد الحق وعدم استعمالها يسقط هذا الحق.

ومن هذا يتضح أن استعمال المياه غير مرتبط بموقع الأرض بجانب النهر. وأيضا أن حق المياه يكون فى كمية معينة من المياه (وبعكس مبدأ ضفة النهر) الذى لا يرتبط بكمية مياه محددة فمثلا إذا اقتصد المزارع فى المياه فإن هذه المياه تذهب لمستخدم آخر ولا يستفيد بها هو Use it or lose it

ومن هذا يتضح أن المياه هى ملكية عامة Public property ولكن يحددها ضوابط هى أولا أن مستخدم المياه له الحق فى كمية المياه التى يستخدمها بالنفع وثانيا طبقاً لأسبقية التخصيص فإن مستخدم المياه له الحق فى كمية محدودة من المياه تعتمد على متى بدأ فى استعمالها.

اتحادات مستخدمي المياه Water Users Associations (WUAs)

يهدف اتحاد مستخدمي المياه إلى ضمان تنظيم مشاركة المنتفعين في إدارة وصيانة محطة ضخ المياه ومسار المياه المشترك بما يحقق عدالة توزيع المياه بين أعضاء الاتحاد وفقاً لاحتياجات الإنتاج الزراعى.

وقد نظم الفصل الثالث من القرار الوزاري رقم ١٤٩٠٠ لسنة ١٩٩٥ في الوقائع المصرية تحت عنوان " اتحادات مستخدمي المياه في الأراضي الجديدة " الإطار القانوني / الفني لإنشاء تلك الاتحادات. فتنشأ اتحادات مستخدمي المياه على كل مسقي خاصة أو مصدر مائي خاص أو مشترك سواء كان بئراً أو خط مواسير أو طلمبة رفع(Booster pump) أو غير ذلك يطبق أسلوب الري المتطور، وذلك إذا تجاوز عدد المنتفعين خمسة أشخاص يكون له الشخصية الاعتبارية. ويعتبر منتفعاً صاحب الحيازة الزراعية التي تعتمد في ريها على المسقي الخاصة أو المصدر المائى الخاص أو المشترك.

تختار الجمعية العمومية للاتحاد في أول اجتماع لها ـ ثم كل عامين ـ بالانتخاب المباشر مجلس إدارة للاتحاد في خمسة أعضاء وينتخب مجلس الإدارة من بين أعضائه:

١ ـ رئيساً للاتحاد ويكون الممثل القانوني للاتحاد أمام الغير.
٢ ـ أميناً للصندوق.
٣ ـ سكرتيراً ويكون مسئولاً عن الشئون الإدارية للاتحاد.

يختص مجلس إدارة الاتحاد بالآتي :

١ ـ إدارة وتشغيل المسقي ومحطات الضخ المقامة عليها أو مضخة الضخ (البوستر) إذا كانت على ترعة رئيسية.
٢ ـ إعداد جداول توزيع المياه بين المنتفعين على المسقي.
٣ ـ صيانة المسقي الخاصة أو المصدر المائى الخاص المشترك والحفاظ على مكوناتها فى حالة جيدة.

٤ ـ صيانة وحدات الضخ (البوستر) والقيام بعمليات الإحلال والتجديد.

٥ ـ تحديد تكاليف ري الفدان بالطريقة التي يتفق عليها الاتحاد سواء بالساعة أو الفدان أو بالموسم للفدان أو بالمحصول.

٦ ـ التعامل بالشراء والبيع والاتفاق على أعمال التشغيل والصيانة.

٧ ـ الحصول على أفضل صور الائتمان لتنمية أهداف الاتحاد.

٨ ـ فض المنازعات بين أعضاء الاتحاد.

٩ ـ التعاون مع الأجهزة المركزية والمحلية والشعبية والتنفيذية.

١٠ ـ معاونة الإدارة العامة للرى المختصة فى تدريب أعضاء اللجان وقادة المساقى.

١١ ـ فتح حساب خاص باسم الاتحاد بأحد البنوك تودع به حسابات الاتحاد وأمواله.

تتكون المورد المالية للاتحاد من :

١ ـ مساهمات أعضاء الاتحاد كل بحسب حيازته وبالقيمة التى تحددها الجمعية العمومية عند بداية تكوين الاتحاد.

٢ ـ الاشتراكات التى تحصل من كل عضو لمواجهة تكاليف الرى والتشغيل وصيانة الطلمبات والمسقى أو البئر أو خط المواسير.

٣ ـ عوائد أموال الاتحاد المودعة بالبنك.

٤ ـ أى تبرعات أو منح من أعضاء الاتحاد أو غيرهم.

٤

نوعية مياه الري

Irrigation Water Quality

التحليل الكيميائي للمياه

تشير نوعية مياه الري إلى نوع وكمية الأملاح الموجودة في المياه والتى تؤثر على نمو النبات وإنتاجيته . وتوجد الأملاح بتركيزات مختلفة في المياه حيث يؤثر التركيز على الضغط الأسموزى لمحلول التربة. فزيادة تركيز الأملاح يرفع الضغط الأسموزى لمحلول التربة والذي بدوره يؤثر على قدرة النبات على امتصاص المياه من خلال الجذور.

حيث يصعب علي جذور النباتات امتصاص المياه من التربة عند ارتفاع الضغط الأسموزى حتى إذا كانت التربة مبتلة وبذلك فان النبات قد يذبل ويموت فى حالة ارتفاع الضغط الأسموزى نتيجة زيادة تركيز الأملاح بالتربة حتى عند توافر مياه الرى وذلك لعدم قدرة جذور النباتات على امتصاص المياه من التربة ذات الضغط الأسموزى المرتفع .

وعند ذوبان الأملاح في التربة تنفصل وينتج عنها أيونات ions هذه الأيونات قد تحمل شحنة موجبة وتسمى كاتيونات cations وقد تحمل شحنة سالبة وتسمى أنيونات Anions وكل من هذه الأيونات له تأثير مختلف على النبات فمن الكاتيونات الأساسية الكالسيوم و Ca^{++} والماغنسيوم Mg^{++} والصوديوم Na^{++} ثم البوتاسيوم K^{+} ومن الأنيونات الأساسية السلفات (الكبريتات) so_4^{--} والكلوريد cl^{-} والبيكربونات Hco_3^{-} أو الكربونات Co_3^{--} .

الكاتيونات الأساسية Principal Cations

الكالسيوم Calcium

يعتبر الكالسيوم Ca^{++} من العناصر الأساسية في تغذية النبات Essential Plant Nutrient فالمياه المرتفعة في الكالسيوم والماغنسيوم تعتبر عسرة Hard وغير مرغوبة للاستعمال المنزلي حيث أن عسر المياه Hardness يعبر عنه بكمية الصابون اللازمة لإحداث الرغوة أما هذه المياه العسرة تعتبر جيدة للري. فالكالسيوم يساعد على الاحتفاظ بالتربة في حالة طبيعية جيدة من ناحية نفاذية المياه وسهولة حرث التربة Tilling.

الماغنسيوم Magnesium

يعتبر الماغنسيوم Mg^{++} من العناصر الأساسية في تغذية النبات وقد يتواجد الماغنسيوم في الماء بتركيز يساوى تقريبا نصف تركيز الكالسيوم.

الصوديوم Sodium

لا يعتبر الصوديوم Na^{+} من العناصر الأساسية في تغذية النبات فحسب بل يعتبر من أكثر الكاتيونات الموجودة في مياه الري خطورة. على الرغم من أن المياه التي يزيد فيها نسبة الصوديوم عن كل من الكالسيوم والماغنسيوم تعتبر مياه غير عسرة Soft إلا إنها تعتبر غير مرغوبة في الري Undesirable For Irrigation.

عندما تمتص حبيبات الطين الصوديوم فإنها تميل إلى التفريق Disperse وتكون ذات ملمس ناعم فنزلق Slick. فيؤثر الصوديوم على التربة في تخفيض نفاذية المياه في التربة وتكوين كتل متحجرة Hard clods عندما تجف وتتفكك عند الابتلال وتميل إلى تكوين قشرة سطحية عازلة Soil Surface Sealتقلل من نفاذية المياه خلالها.

فالصوديوم بالإضافة إلى تأثيره على بناء التربة له تأثير سام على النبات .

والتربة المتأثرة بالصوديوم يمكن تحسينها باستبدال الصوديوم المدمص Adsorbed Sodiumعلى التربة بالكالسيوم وذلك عن طريق غسيل أملاح الصوديوم مع إضافة مواد مثل الجبس Gypsum.أوحامض الكبريت Sulfuric Acid أوالكبريت Sulfur.

البوتاسيوم Potassium

يعتبر البوتاسيوم k^{+} من العناصر الأساسية في تغذية النبات ويوجد بكميات قليلة في مياه الري حيث يعتبر عنصر نادر Minor Element.

الأنيونات الأساسية Principle Anions

الكبريتات Sulfate

لا يشكل أنيون الكبريتات So_4^{--} أية ضرر سواء على التربة أو النباتات ولكن يسهم في زيادة ملوحة محلول التربة .

الكلوريد Chloride

بعكس الكبريتات فأن أنيون الكلوريد Cl^- له تأثير سام مباشر على النباتات بالإضافة إلى إسهامه في زيادة ملوحة التربة .

البيكربونات والكربونات Carbonate and Bicarbonate

تسهم الكربونات Co_3^{--} والبيكربونات Hco_3^- في زيادة ملوحة التربة.

نوعية المياه Water Quality

تحدد نوعية أو جودة مياه الري بعدة عوامل منها:

١- درجة الحموضة أو القلوية أو الرقم الهيدروجين Acidity Or Alkalinity pH .

٢- التوصيل الكهربي (EC) Electrical Conductivity .

٣- نسبة أد مصاص الصوديوم Sodium Adsorption Ratio SAR .

أولا : درجة الحموضة أو القلوية pH

يعتبر تركيز أيون الهيدروجين (pH) في مياه الري مقياس لدرجة الحموضة أو القلوية.

$$pH = -Log(H^+) = Log(\frac{1}{H^+})$$

$$Dissociation\ constant = (H^+) * (OH^-) = 10^{-14}$$

ثابت التحلل أو التفكك dissociation constant يحكم نشاط كل من أيون الهيدروجين والهيدروكسيد .

At neutral pH: $(H^+) = 10^{-7}$ mol / L ; therefore pH = 7 عند التعادل

فالرقم ٧ يعتبر متعادل Neutral لرقم (pH) أي لا تعتبر المياه حامضية أو قلوية أما إذا زاد عن ٧ فتعتبر المياه قلوية Alkaline. فإذا كان الرقم الهيدروجيني يساوى ٨,٥ أو أكبر من ذلك يدل هذا على أن الأملاح الذائبة Soluble Salts مرتفعة في المياه . وعلى ذلك فان استخدام مياه مرتفعة في pH يتطلب زراعة محاصيل معينة ونسبة غسيل معينة أثناء عملية الري.

ثانيا: التوصيل الكهربي Electrical Conductivity:

يقاس التركيز الكلى للأملاح في مياه الري بدرجة توصيل الأيونات للتيار الكهربي.

وفي هذه الطريقة تقاس مقاومة الماء المحصور بين قطبين من البلاتين المسافة بينهما ا سم ومساحة كل منها ١ سم٢. ومن المعروف أن مقاومة أي محلول لتدفق أي تيار كهربي تقاس بالأوم Ohm ولتحويل هذه المقاومة إلى درجة توصيل فإنها تساوي مقلوب المقاومة بالأوم أي كمقلوب لوحدات المقاومة mho ويعبر عن درجة التوصل الكهربي بالموز /سم باللفظ (EC) أى Electrical Conductivity وحيث أن وحدة الموز/ سم كبيرة وفى

العادة درجة التوصيل لمعظم المحاليل التي تقاس منخفضة فتقسم وحدة الموز إلى ١٠٠٠ وحدة ويطلق عليها المليموز $Ec \times 10^3$ أو تقسم إلى مليون وحدة ويطلق عليها الميكروموز $Ec \times 10^6$

$$\frac{1}{ohm} = 1\ mho = 1 \times 10^3\ mmhos = 1 \times 10^6\ \mu mhos$$

وقد يعبر أيضا عن التركيز الكلى للأملاح الذائبة المقدر بجهاز قياس التوصل الكهربي EC- Meter بوحدات $ds/m = dsm^{-1}$ حيث يرمز حرف d إلى deci وحرف s إلى simens أي ديسيسيمنز على المتر حيث أن

$$1\,mmhos/cm = 1\,decisimens/m = 1\,ds/m$$

ويقدر تركيز الأيونات المختلفة معمليا بوحدات المليمكافىء في اللتر

milliequivalent per liter = meq/l

حيث أن تركيز الأيون بالجزء في المليون (ppm) يساوى الوزن المكافئ للأيون مضروبا في تركيز الأيون (meq/l) فمثلا تركيز الكربونات يحسب كما يلي:

$$Co_3^{--}\,(ppm) = Co_3^{--}\,(meq/l) \times Eq.Weight$$

حيث أن Eq.Weight هي الوزن المكافئ للكربونات حيث أن :

$$\text{الوزن المكافئ} = \frac{\text{الوزن الذرى أو الجزئي}}{\text{التكافؤ}}$$

$$Equivalent\ Weight = \frac{Molecular\ or\ Atomic\ Weight}{\text{Valence or Charge per Formula}}$$

العنصر	الرمز	الوزن الذرى
الكالسيوم	Ca	٤٠
الماغنسيوم	Mg	٢٤
الصوديوم	Na	٢٣
البوتاسيوم	K	٣٩
الكلور	CL	٣٥
الكبريت	S	٣٢
الأكسجين	O	١٦
الهيدروجين	H	١
الكربون	C	١٢
النيتروجين	N	١٤

$$\text{الوزن المكافئ للكربونات } CO_3^{--} = \frac{\text{الوزن الجزئي}}{\text{التكافؤ}}$$

$$= \frac{١٢ + ٣ \times ١٦}{٢} = \frac{٦٠}{٢} = ٣٠$$

ويعبر عن تركيز الأملاح Concentration في المياه بالمول في المتر المكعب من المحلول (mol/m^3) بالإضافة إلى التعبير من التركيز بالجرام في المتر المكعب g/m^3 أو المللى جرام في اللتر mg/L وحيث أن وزن اللتر من الماء هو ١ كيلو جرام ووزن المتر المكعب من الماء هو ١ طن أي ١٠٠٠ كيلو جرام فإن الجرام يمثل جزء في المليون من الطن أو أن المللى جرام يمثل جزء في المليون من الكيلو جرام ومن هنا ظهر التعبير عن

التركيز بالجزء في المليون (ppm) parts per million حيث تتساوى هذه التعبيرات كما يلى

$$1\ g/m^3 = 1\ mg/L = 1\ ppm$$

أما التركيز الأيونى Ionic concentration للأملاح فيعبر عنه بالمللى مكافئ في اللتر (meq/L) حيث أن العلاقة بين التركيز بالمول/م^3 والتركيز بالمللى مكافئ في اللتر هي

$$mol/m^3 = \frac{meq/L}{\text{Valence of the ion}}$$

حيث أن valence of the ion هو التكافؤ الأيون

ويعبر عن التركيز بالجزء في المليون بدلالة المول/م^3 كما يلى:

$$g/m^3 = mol/m^3 \times \text{atomic weight of the ion}$$

فمثلا إذا كان تركيز الكالسيوم ١٠ مول/م^3 فان تركيز الكالسيوم بالجرام في المتر المكعب أو الجزء في المليون يساوى:

$$g/m^3 = 10 \times 40.1 = 401\ g/m^3$$

ويعبر عن الأملاح الكلية الذائبة في المياه Total dissolved salts (TDS) بالآتي:

مللي مكافئ في اللتر = درجة التوصل الكهربائي بالمليموز/سم × ١٠

TDS (meq/l) = EC (ds/m) × 10

TDS (mg/l) = EC (ds/m) × 640 (EC < 5 ds/m)

= EC (ds/m) × 800 (EC < 5 ds/m)

كيفية الحكم على صحة التحليل الكيميائي لعينة المياه

١- يجب أن يتساوى بالتقريب مجموع تركيزات الكاتيونات (كالسيوم + ماغنسيوم + صوديوم) مع مجموع تركيزات الأنيونات (كلوريد + كربونات + بيكربونات + كبريتات) معبرا عنهم جميعا بوحدات المللى مكافئ في اللتر meq/l.

$$TDS\ (meq/l) = \sum \text{Anions (meq/l)} = \sum \text{cation (meq/l)}$$

وبناء على هذه النتيجة فانه يمكن استنتاج تركيز أحد الأيونات عن طريق الفرق بينهما.

٢- مجموع الكاتيونات أو مجموع الأنيونات معبرا عنها بوحدات المللى مكافئ في اللتر يجب أن تتساوى مع التوصل الكهربي EC لعينة المياه معبرا عنها بالملي موز/سم أو ds/m مضروبة في ١٠ . أي إذا كان تركيز الكاتيونات هو ١٢ مللي مكافئ في اللتر فان التركيز الكلى للأملاح في عينة المياه يجب أن يكون في حدود ١,٢ مللي موز/سم أو ١,٢ × ٦٤٠ = ٧٦٨ جزء في المليون.

٣- إذا كان رقم الحموضة أو القلوية PH يساوى ٨ أو يزيد فان ذلك غالبا ما يكون مصاحبا بتركيز ملموس للبيكربونات HCO_3^- في عينة المياه.

٤- إذا كانت نتائج التحليل لا تلبى النقاط السابقة فانه ينصح إعادة التحليل في معمل مختلف.

مثال: نتائج تحليل عينة مياه:

الكاتيونات Cations				للأنيونات Anions			
الأيون	التركيز مللي مكافئ على اللتر meq / l	الوزن المكافئ Equivalent Weight	التركيز ppm جزء في المليون	الأيون Ion	التركيز meq / l	الوزن المكافئ	التركيز ppm
كالسيوم Ca^{++}	٤,٥	٢٠	٩٠	كلوريد CL^{-}	٢,٨٢	٣٥,٥	١٠٠
ماغنسيوم Mg^{++}	٢,٤٦	١٢,٢	٣٠	كبريتات SO_4^{--}	٤,٦٩	٤٨	٢٢٥
صوديوم Na_+	٣,١٣	٢٣	٧٠	بيكربونات HCO_3^-	٢,٧	٦١	١٦٥
بوتاسيوم K^+	٠,١٥	٣٩,١	٦				
المجموع	١٠,٢٤		١٩٨		١٠,٢١		٤٩٠

ونلاحظ من الجدول أن تركيز الكاتيونات بالمللى مكافئ فى اللتر وهو ١٠,٢٤ يتساوى تقريبا مع تركيز الأنيونات بنفس الوحدات وهو ١٠,٢١ ويمكننا أن نتوقع التركيز الكلى للأملاح الذائبة وهو حوالي ١٠,٤ ÷ ١٠ = ١ مللي موز/سم أي حوالي ٦٤٠ جزء في المليون والأنيونات كذلك يساوى ١٩٨ + ٤٩٠ = ٦٨٨ جزء

فى المليون أى يتساوى تقريبا مع التوصل الكهربى لعينة المياه المتوقع وهو حوالى ٦٤٠ جزء فى المليون منا سبق استنتاجه.

والجدول السابق بالإضافة إلى أهميتة في تقدير صلاحية المياه للري فانه مهم أيضا للتعرف على مدى وجود مشاكل لاستخدام هذه المياه في الري بالتنقيط حيث توجد مشاكل انسداد النقاطات فإذا زاد تركيز البيكربونات عن ٢ مللي مكافئ في اللتر وزاد رقم PH عن ٧,٥ يتسبب ذلك في ترسيب كربونات الكالسيوم. أما إذا زاد تركيز الكالسيوم عن ٢-٣ مللي مكافئ في اللتر يتسبب في ترسيبات أثناء حقن الأسمدة الفوسفاتية.

٤- نسبة أد مصاص الصوديوم Sodium Adsorption Radio (SAR)

تشير نسبة أدمصاص الصوديوم إلى التأثير النسبي لتركيز الكاتيون على تراكم الصوديوم في التربة . ويحسب نسبة أدمصاص الصوديوم من نسبة الصوديوم إلى الكالسيوم والماغنسيوم حيث أن وجود كل من أيونات الكالسيوم والماغنسيوم مهم لمعادلة تأثير الصوديوم فالصوديوم يقوم بتفريق حبيبات التربة بعكس الكالسيوم والماغنسيوم الذي يعمل على تجميعها.

ويتم حساب نسبة أدمصاص الصوديوم كما يلى:

$$SAR = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{\text{CA} + \text{Mg}}{2}}}$$

ويعبر عن الأيونات بوحدات ا مللي مكافئ في اللتر mill equivalents per liter (meq/l), وعلى ذلك فزيادة قيمة SAR تزيد خطورة الصوديوم.

تقسيم المياه حسب نوعيتها Water Quality Classifications

يتم تقسيم نوعية المياه عند كتابة تقرير تحليل المياه طبقا لتقسيم معمل الملوحة الأمريكي U.S. Salinity Laboratory Classifications فهذا النظام من التقسيم يستخدم قيمة نسبة أو أدمصاص الصوديوم SARوقيمة التوصل الكهربي بوحدات $EC\times10^6$ أي بوحدات الميكروموز / سم حيث أن المليموز / سم = ١٠٠٠ ميكروموز / سم. والشكل رقم ١ يوضح هذا التقسيم فالمحور الأفقي سواء أسفل الشكل مرقم عليه قيمة التوصيل الكهربي وهو مقسم إلى ٤ أقسام لدرجة ملوحة المياه كما يلي:

تقسيم ملوحة المياه

منخفضة (C1) من ١٠٠ – ٢٥٠ ميكروموز/سم	تستخدم في ري كل المحاصيل لكل أنواع الأراضي
متوسطة (C2) من ٢٥٠ – ٧٥٠ ميكروموز/سم	تستخدم مع نسبة غسيل بسيطة
مرتفعة (C3) من ٧٥٠ – ٢٢٥٠ ميكروموز/سم	تستخدم مع نسبة غسيل ووجود صرف جيد.
مرتفعة جدا (C4) أعلى من ٢٢٥٠ ميكروموز/سم	تستخدم للمحاصيل التى تتحمل الملوحة فقط.

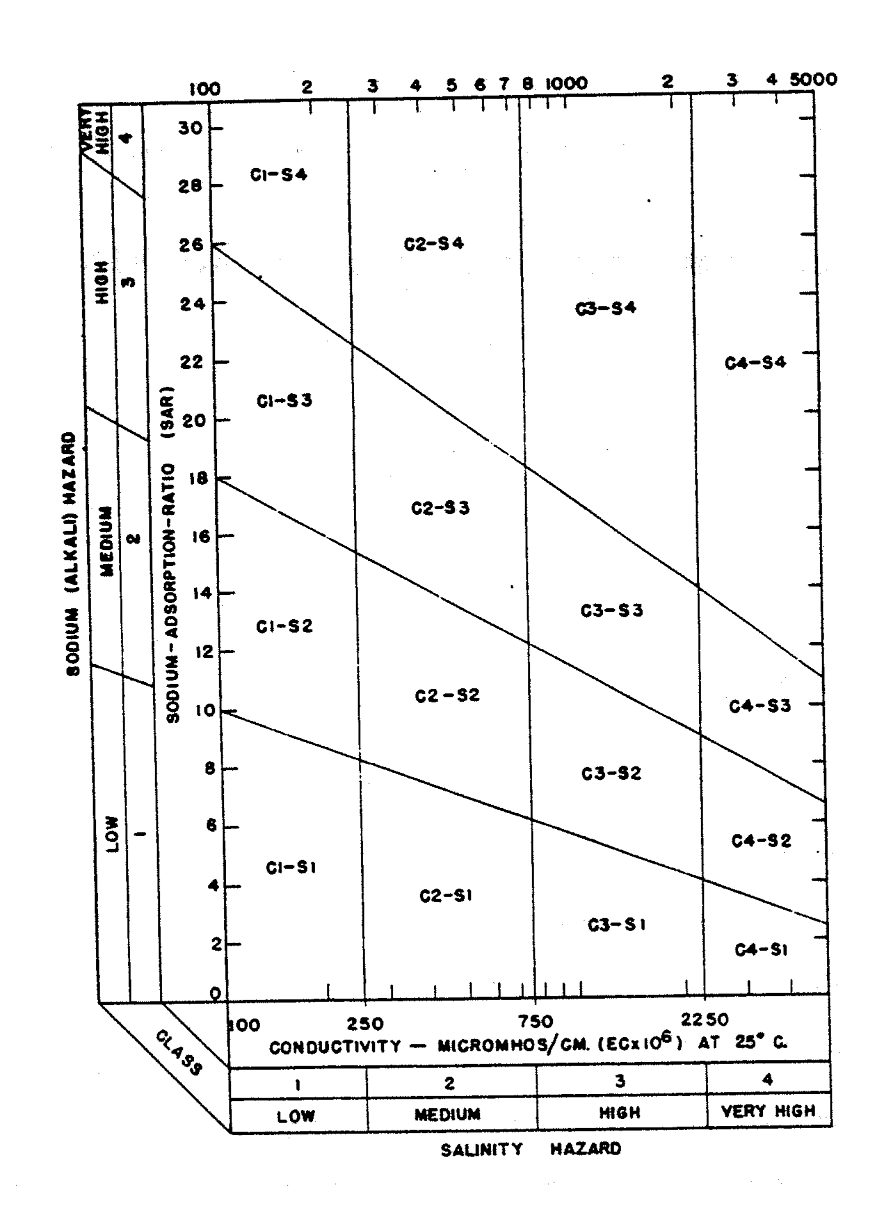
أما المحور الرأسي في شكل(٤-١) فهو عبارة عن قيمة نسبة أد مصاص الصوديوم SAR فهي مقسمة إلى الأقسام الآتية:

منخفضة (S1) من صفر – ١٠	تستخدم لري كل المحاصيل لكل أنواع الأراضي.
متوسطة (S2) من ١٠ – ١٨	قد تسبب مشاكل قلوية في الأراضي الثقيلة عند نسبة غسيل قليلة وقد تستخدم في التربة الخفيفة ذات النفاذية العالية.
مرتفعة (S3) من ١٨ – ٢٦	قد تسبب مشاكل قلوية ويلزم لاستخدامها وجود نظام صرف جيد ونسبة غسيل مرتفعة واستخدام محسنات التربة مثل الجبس.
مرتفعة جدا (S4) أكبر من ٢٦	من الصعب استخدامها في أغراض الري.

مثال :

مياه درجة توصيلها الكهربي (الملوحة الكلية) تساوى ٥٠٠ ميكروموز/سم $EC\times10^6 = 500$ ونسبة أدمصاص الصوديوم SAR لها تساوى ٨.

الحل: في شكل (٤-١) نرسم خط عند قيمة التوصيل الكهربي ٥٠٠ وخط أفقي على المحور الرأسي عند SAR تساوى ٨ فيتقاطع الخطين عند القطعة المكتوب عليها C2 -S2 أي متوسطة الملوحة ومتوسطة الصوديوم أي يحتاج استخدامها استعمال نسبة متوسطة من الاحتياجات الغسيلية وتستخدم لري الأراضي الخفيفة ذات النفاذية الجيدة أما إذا استخدمت في الأراضي الثقيلة فقد تسبب مشاكل قلوية للأرض ولذلك يراعى استخدام الاحتياجات الغسيلية مع مراعاة وجود نظام صرف جيد.



شكل (٤-١) تقسيم نوعية مياه الري . USDA, Agricultural Handbook No. 60

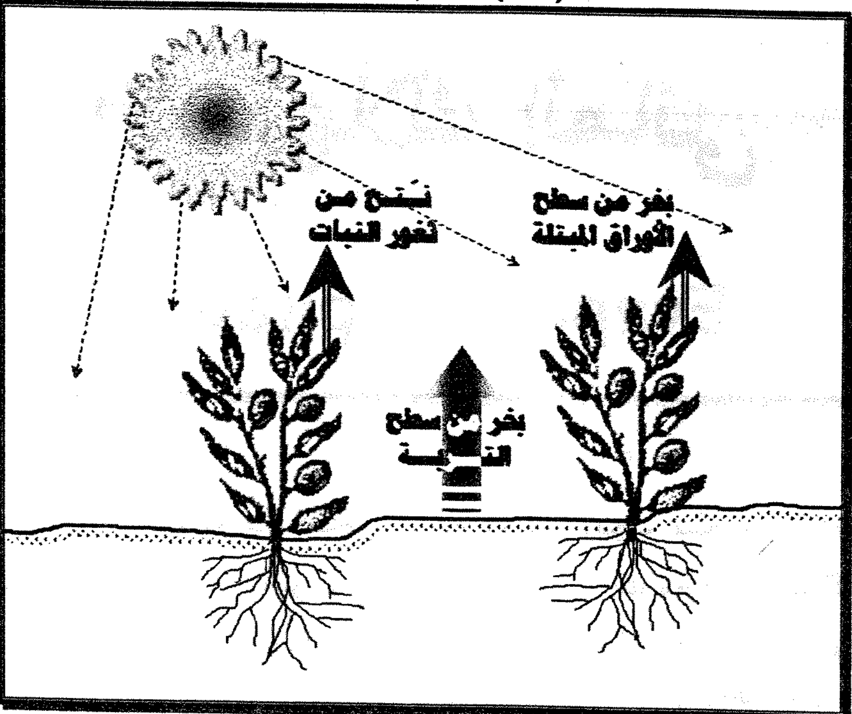
٥

الاستهلاك المائى

Evapotranspiration

الموارد المائية فى المناطق الجافة محدودة ويجب استخدامها بكفاءة عالية لإنتاج المحاصيل بصورة اقتصادية ويستوجب ذلك معرفة الاستهلاك المائى للمحاصيل المختلفة والذى يتوقف على الظروف الجوية التى ينمو فيها المحصول وعلى نوعية المحصول وعمره. ويعرف الاستهلاك المائى للمحصول بأنه كمية الماء التى يفقدها أو يستهلكها فى عملياته الحيوية أثناء مراحل نموه أو بواسطة النتح أساسا هذا بالإضافة إلى تلك التى تفقد بعمليات التبخر من سطح التربة أو سطوح النباتات كما هو مبين بالشكل (٥-١).
وتتغير كمية الاستهلاك المائى تبعا لتغير العوامل التى تؤثر على مكوناته وهى النتح والبخر وبذلك نجد أن الاستهلاك المائى اليومى لنبات معين يكون قليلاً مع بدء زراعته، ويتزايد مع تقدم نموه أو مع زيادة حرارة الجو وزيادة ساعات النهار (ساعات الضوء) حتى يصل إلى أقصى مدى له خلال فترة الإزهار. وواضح أن البخر من سطح التربة يكون العامل الأهم بل والوحيد فى الاستهلاك المائى أثناء المرحلة الأولى فى زراعة النبات (البذر وتكوين البادرة) لعدم وجود نتح وقتئذ،

شكل (٥-١) مفهوم الاستهلاك المائي



ويتزايد النمو الخضرى للنبات يزداد النتح ويكون حينئذ هو العامل الأكثر تأثيرا فى الاستهلاك المائى. وتصمم نظم الرى المختلفة على أقصى استهلاك مائى يومى Peak daily water use ويحسب من متوسط أقصى ٦ إلى ١٠ أيام يصل فيها الاستهلاك المائى إلى معدلات عالية وتتراوح قيمته غالبا من ٦ إلى ١٠ مم/يوم ويعبر عنه بوحدة العمق للمياه وهى عبارة عن كمية المياه لوحدة المساحة. وقد يعبر عن الاستهلاك المائى أيضا بالمتر المكعب للفدان أو المتر المكعب للهكتار حيث يمكن استنتاج العلاقات المفيدة الآتية:

الاستهلاك المائى م^{3}/فدان = العمق بالمم × ٤,٢

الاستهلاك المائى م^{3}/هكتار = العمق بالمم × ١٠,٠

أما عملية النتح Transpiration فمن الناحية الفسيولوجية هى تسرب بخار الماء خلال ثغور النبات أو المسافات البينية لخلايا نسيج الأوراق. ويلاحظ أن عدد الثغرات لوحدة المساحة فى الأوراق خاصية من خواص المحصول وأيضا مساحة الأوراق بالنسبة لمساحة الأرض وهو يسمى Leaf-area index. وكما هو مبين بالشكل(٥-٢)يوجد خلايا حارسة Guard cellsعند مدخل الثغرة Stoma والتى تتحكم فى فتحة الثغرة وبالتالى فى مقدار النتح فإذا قلت رطوبة التربة تحاول الخلايا الحارسة إغلاق الثغرات جزئيا لتقليل النتح.

شكل رقم (٢) التركيب الداخلى للورقة

ويحدث ٩٥% من عملية النتح خلال ساعات النهار ويكون معدل النتح عادة أقل ما يمكن قبل غروب الشمس ويصل أقصاه قرب ساعات الظهيرة. أما البخر من سطح التربة فيحدث بالليل والنهار معا (٧٥% أثناء النهار). وأثناء عملية النتح يدخل الهواءُ الثغراتِ ليحل محل بخارَ الماء الذى يهرب خارج الثغرات وأثناء عملية البناء الضوئى photosynthesis يدخل

الهواءُ الورقة من خلال الثغرة وتقوم الخلايا الخضراء chloroplasts بتحويل ثانى أكسيد الكربون من الهواء مع جزء صغيرمن الماء(حوالى١ %) من الماء الممتص إلى كربوهيدرات لنمو النبات. ويمتص الماءَ النباتُ عن طريق الجذور. وتؤثر العوامل المناخية تأثيرا مباشرا فى معدل النتح كدرجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح والإشعاع الشمسى ويكون مجمل النتح من النباتات مع البخر من سطح التربة هو ما يسمى بالبخرنتح Evapotranspiration. وفى هذه الحالة فإن النتح بالإضافة إلى ما يتسرب من بخار الماء خلال ثغور النبات يتضمنان كل كمية المياه الممتصة بجذور النباتات بما فيها تلك الكمية التى يستعملها النبات فى عمليات نموه أو تخزن فى خلايا أنسجته. وفى الواقع فإن ما يحتاجه النبات لنشاطه الحيوى سواء باستعماله فى عمليات النمو أو بتخزينه فى أنسجته لا يتعدى ٥% مما يقوم فعلا بامتصاصه بينما يفقد تقريبا ٩٥% بالنتح. أما البخر evaporation فهو كمية المياه التى تفقد على هيئة بخار ماء من سطح التربة أو أسطح النباتات مباشرة، وواضح أن كمية المياه التى تفقد بالبخر تتأثر كثيرا بكثافة النباتات ومساحة الجزء المغطى أو المظلل من سطح التربة. وتتوقف عملية البخر كما هو الحال فى عملية النتح على العوامل الجوية المحيطة بالإضافة إلى المحتوى الرطوبى للتربة.

مما تقدم يتضح أن الاستهلاك المائى هو عبارة عن مجمل البخرنتح وهو يعتمد على عوامل خاصة بالمناخ (درجة الحرارة والرطوبة والرياح والإشعاع الشمسى) وعوامل خاصة بالمحصول مثل نوعه ومرحلة نموه.

تنقسم طرق تقدير الاستهلاك المائى إلى طرق حسابية تعتمد على بيانات الأرصاد الجوية واستخدام المعادلات وطرق القياس المباشر للاستهلاك المائى مثل الاتزان المائى واستعمال الليسيمترات.

الطرق الحسابية باستخدام بيانات الأرصاد الجوية

تعتمد الطرق الحسابية على استخدام بيانات الأرصاد الجوية فى حساب تأثير العوامل المناخية على الاستهلاك المائى ثم معامل المحصول الذى يعتمد على نوع المحصول ومرحلة نموه وذلك بتطبيق المعادلة الآتية:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

حيث ET_c الاستهلاك المائى للمحصول (مجمل البخرنتح للمحصول)

K_c معامل المحصول يعتمد على نوع المحصول ومرحلة نموه

ET_o جهد البخرنتح evapotranspiration Reference أو البخرنتح المطلق

ويعرف جهد البخرنتح بأنه معدل البخرنتح من سطح نباتى أخضر متجانس عند ارتفاع ٨ إلى١٥ سم فى حالة نمو نشط ويغطى سطح التربة تماما تحت ظروف لا ينقصها الماء. ويستخدم لحساب جهد البخرنتح معادلات وطرق عديدة تَستخدِم بيانات الأرصاد الجوية المختلفة. وسوف نتناول بالشرح الطرق الآتية مرتبة حسب أفضليتها ودقتها فى المناطق الجافة وبيانات الأرصاد المطلوبة لاستخدامها.

طرق الإشعاع:

الإشعاع Radiation يعنى انبعاث طاقة على هيئة موجات كهرومغناطيسية Electromagnetic waves من جميع الأجسام التى درجة حرارتها أعلى من الصفر المطلق (-٢٧٣°م). وتستطيع النباتات الخضراء أن تحول جزء من الإشعاع الشمسى إلى طاقة كيميائية فى أثناء عملية البناء الضوئى والتى تعتمد عليها الحياة على الأرض ولهذا السبب فمن الضرورى تحليل اتزان الطاقة والتى يدخل فيها الاتزان الإشعاعى. وتقدر الأشعة الشمسية العمودية الساقطة على الغلاف الجوى الخارجى بـ

الطريقة	درجة الحرارة	الرطوبة	سرعة الرياح	ساعات سطوع الشمس	البخر
طرق الإشعاع					
Penman - Monteith بنمان مونتيث	✓	✓	✓	✓	×
Modified Penman بنمان المعدلة	✓	✓	✓	✓	×
FAO - 24 Penman بنمان فاو	✓	✓	✓	✓	×
طرق درجة الحرارة					
FAO بلاني كريدل	✓	~	~	~	×
Jensen - Haise جنسن هيز	✓	×	×	×	×
SCS بلاني كريدل	✓	×	×	×	×
طريقة البخر					
FAO Class A وعاء البخر	×	~	~	×	✓

✓ بيانات مقاسة ~ بيانات تقديرية × بيانات غير لازمة

٢ كالورى/سم^{2} فى الدقيقة. وجميع هذه الأشعة يتراوح طول موجتها تقريباً من ٠,٣ إلى ٣ ميكرون (الميكرون = ١٠$^{-6}$ متر) أما الأشعة المرئية التى تتراوح أطوال موجاتها من ٠,٤ إلى ٠,٧ ميكرون فتصل إلى النصف. وتناظر الأشعة الشمسية الأشعة المنبعثة من جسم أسود تصل درجة حرارته المطلقة إلى ٦٠٠٠ درجة. وذلك حسب المعادلة ($\lambda\ T = 2900$) حيث أن λ هى طول الموجة بالميكرون و T درجة الحرارة المطلقة (درجة الحرارة المطلقة = درجة الحرارة المئوية + ٢٧٣). وحسب المعادلة السابقة فإن الأرض أيضاً تشع ولكن إشعاعات ذات موجات طويلة وشدة أقل حيث أن درجة حرارة سطح الأرض تبلغ حوالى ٣٠٠ درجة مطلقة وتتراوح طول الموجات

الطويلة هذه من ٣ إلى ٥٠ ميكرون. ولهذا السبب يطلق على الأشعة الساقطة من الشمس على الأرض بالأشعة القصيرة الموجة أما الأشعة المنبعثة أو المرتدة من الأرض فهى طويلة الموجة.

أما معامل الانعكاس Reflectivity coefficient (ويطلق علية أيضاً Albedo) لسطح تجاه الموجات القصيرة فيختلف طبقاً للون وخشونة السطح وميل السطح ويتراوح قيمته من ٥ إلى ١٠% للماء، ١٠ إلى ٣٠% للمساحات الخضراء المزروعة، ١٥ إلى ٤٠% للأراضى المكشوفة، ويصل إلى ٩٠% للجليد fresh snow.

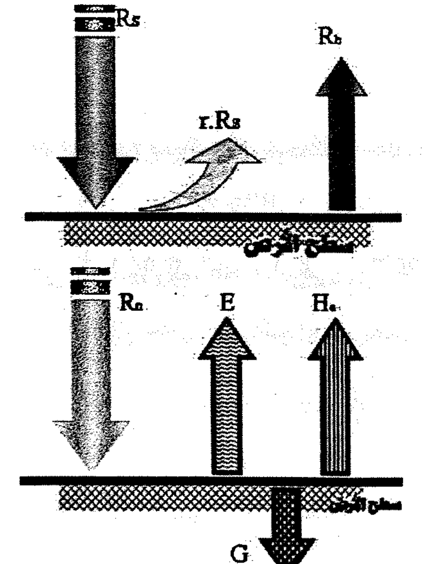
ويعرف الجسم الأسود Black body بأنه الجسم الذى يمتص كل الأشعة الساقطة عليه بدون انعكاس ويشع كذلك بأقصى كفاءة.

فى المناطق الجافة Arid regions حيث نادراً ما يوجد سحب وتكون السماء صافية يصل الإشعاع الفعلى على سطح الأرض R_s إلى ما يزيد عن ٧٠% من قيمة الإشعاع الساقط على الغلاف الجوى الخارجى R_a extraterrestrial radiation حيث تنعكس الأشعة بتأثير الغبار فى الجو والغازات المختلفة. أى أن $R_s = 0.70\ R_a$ أما فى المناطق الرطبة humid regions فتصل النسبة إلى أقل من ٤٠% حيث تكثر السحب وبالتالى فإن $R_s = 0.40\ R_a$.

معادلة اتزان الطاقة Energy balance

$$R_n = R_S - r.R_S - R_b$$

$$R_n = R_S(1-r) - R_b$$



$$R_n = H_a + G + E$$

حيث R_s الإشعاع الشمسى الساقط على سطح الأرض.

R_b الإشـعاع المرتد مـن سطح الأرض فـى صـورة أشـعة طويلـة الموجة وهى تساوى تقريباً ٨٢ كالورى/سم٢ لكل يوم

$r.R_s$ الإشعاع الشمسى المنعكس فى صورة أشعة قصيرة الموجة.

H_a حرارة تسخين الهواء

G حرارة تسخين التربة

E حرارة التبخير

r معامل الإنعكاس ويؤخذ للأرض المنزرعة $r=0.23$. أما لسطح مياه ممتد فإن قيمته تساوى 0.05

ويعاد جزء من الطاقة الشمسية الممتصة بواسطة الأرض مرة أخرى إلى الجو على هيئة موجات طويلة وتسمى هذه الأشعة المعاد إشعاعها بالأشعة المرتدة Back radiation ويسمى الفرق بين ما يصل الأرض من الإشعاع الشمسى وبين ما ينعكس منه أو يعاد إشعاعه مرة أخرى بصافى الإشعاع الشمسى R_n net radiation وهو يستهلك فى الآتى :

أ تسخين سطح التربة G

ب تسخين الهواء الملامس للتربة H_a

ج إمداد عملية الاستهلاك المائى بالطاقة اللازمة لتبخير الماء E

ويختلف الإشعاع الشمسى بتغير عدد ساعات النهار N حيث تتغير بتغير خطوط العرض وفصول السنة وبالطبع فإنه كلما زادت ساعات النهار زادت كمية الإشعاع الممكنة فمن المعروف أن الليل والنهار يتساويان أى يكون كل منهما ١٢ ساعة عند خط الاستواء وتتزايد الفروق بينهما حتى تصل إلى أقصاها عند المنطقة القطبية حيث تصل مدة النهار إلى ٢٤ ساعة فى الصيف وصفر فى الشتاء. وعلى ذلك فمن الممكن القول أنه فى صيف المناطق القطبية تكون كمية الطاقة المشعة أكبر من أى جزء آخر ولكنها فى الحقيقة تقل كثيراً نظراً للانعكاس وارتداد الأشعة الشمسية الناتج عن السطوح الجليدية هذا بالإضافة إلى زاوية ميل الأشعة الساقطة على هذه السطوح.

طرق حساب الاحتياج المائى

أ طريقة بنمان Penman Method

تأخذ المعادلة العامة لبنمان الصورة الآتية:

$$ET_o = \frac{\frac{\Delta}{\gamma} R_n + E}{\frac{\Delta}{\gamma} + 1} \qquad (1)$$

وقد تأخذ الصورة الاخرى الآتية

$$ET_o = \frac{\Delta R_n + \gamma E}{\Delta + \gamma} \qquad (2)$$

أو الصورة الآتيـــة

$$ET_o = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} R_n + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} E \qquad (3)$$

وبوضـــع

$$W = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \quad ; \quad 1 - W = \frac{\gamma}{\Delta + \gamma}$$

فإن معادلة بنمان تأخذ الصورة التاليـــة

$$ET_o = W.R_n + (1 - W) E \qquad (4)$$

والصورة رقم (١) من معادلة بنمان هى عبارة عن متوسط موزون لتأثير الأشعة الصافية R_n على الاستهلاك المائى وتأثير التبخير E (فرق الضغط البخارى وسرعة الرياح). فإيجاد قيمة R_n تكلمنا عنها سابقاً ويمكن إيجادها بمعرفة الأشعة الشمسية الساقطة على الغلاف الجوى الخارجى R_a من المعادلة التالية

$$R_n = R_s(1 - r) - R_b$$
$$R_s = R_a\left(0.25 + 0.5\left(\frac{n}{N}\right)\right)$$

حيث يمكن إيجاد قيمة R_a من الجدول رقم (٥-١) حيث تعطى قيم الأشعة الشمسية الساقطة على الغلاف الجوى الخارجى Extraterrestrial Radiation, R_a بدلالة الشهر وخط العرض Latitude وذلك لنصف الكرة الأرضية الشمالى Northern Hemisphere أما قيمة n وهى

ساعات سطوع الشمس الفعلية فى اليوم فهى تؤخذ من قراءات محطات الأرصاد الجوية بواسطة جهاز سطوع الشمس Sunshine Recorder. وقيمة N وهى متوسط أقصى ساعات سطوع للشمس لكل شهر من أشهر السنة ويمكن أخذها من جدول رقم (٥-٢) بدلالة الشهر وخط العرض. أما النسبة $\frac{n}{N}$ فيمكن تقديرها فى حالة عدم وجود قراءات فعلية لقيمة n وذلك على أساس أن $\frac{n}{N}$ تساوى ٠,٨ فى الأيام ذات السماء الصافية وتساوى ٠,٦ فى حالة ٤٠% من ساعات النهار يغطيها سحب أو ٧٠% من ساعات النهار تغطيها سحب متفرقة. أما الحالة المتوسطة فهى تقع بين ٠,٦ إلى ٠,٨ ومعامل الانعكاس r للأشعة قصيرة الموجة تؤخذ فى حالة الأراضى المنزرعة. $r = 0.23$

جدول (٥-١أ) الأشعة الشمسية الساقطة على الغلاف الجوى الخارجى Ra بوحدات ميجاجول/م^{2}/يوم بدلالة الشهر وخط العرض وذلك للنصف الشمالى للكرة الأرضية Northern Hemisphere (للتحويل إلى مم/يوم اقسم على ٢,٤٥)

Lat. deg.	Northern Hemisphere											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
70	0.0	6.6	11.0	15.6	21.3	24.0	24.0	17.6	12.8	8.3	2.3	0.0
68	2.1	7.3	11.1	15.3	19.7	24.0	22.3	17.0	12.7	8.7	4.1	0.0
66	3.9	7.8	11.2	14.9	18.7	22.0	20.3	16.4	12.7	9.0	5.2	1.9
64	5.0	8.2	11.2	14.7	17.9	20.3	19.2	16.0	12.6	9.3	6.0	3.7
62	5.7	8.5	11.3	14.4	17.3	19.2	18.4	15.7	12.6	9.5	6.6	4.8
60	6.4	8.8	11.4	14.2	16.8	18.4	17.7	15.3	12.5	9.7	7.1	5.6
58	6.9	9.1	11.4	14.1	16.4	17.8	17.2	15.1	12.5	9.9	7.5	6.2
56	7.3	9.3	11.5	13.9	16.0	17.3	16.8	14.8	12.4	10.1	7.9	6.7
54	7.7	9.5	11.5	13.8	15.7	16.8	16.4	14.6	12.4	10.2	8.2	7.1
52	8.0	9.7	11.5	13.6	15.4	16.5	16.0	14.4	12.4	10.3	8.5	7.5
50	8.3	9.8	11.6	13.5	15.2	16.1	15.7	14.3	12.3	10.4	8.7	7.9
48	8.6	10.0	11.6	13.4	15.0	15.8	15.5	14.1	12.3	10.6	9.0	8.2
46	8.8	10.1	11.6	13.3	14.8	15.5	15.2	14.0	12.3	10.7	9.2	8.5
44	9.1	10.3	11.6	13.2	14.6	15.3	15.0	13.8	12.3	10.7	9.4	8.7
42	9.3	10.4	11.7	13.2	14.4	15.0	14.8	13.7	12.3	10.8	9.6	9.0
40	9.5	10.5	11.7	13.1	14.2	14.8	14.6	13.6	12.2	10.9	9.7	9.2
38	9.6	10.6	11.7	13.0	14.1	14.6	14.4	13.5	12.2	11.0	9.9	9.4
36	9.8	10.7	11.7	12.9	13.9	14.4	14.2	13.4	12.2	11.1	10.1	9.6
34	10.0	10.8	11.8	12.9	13.8	14.3	14.1	13.3	12.2	11.1	10.2	9.7
32	10.1	10.9	11.8	12.8	13.6	14.1	13.9	13.2	12.2	11.2	10.3	9.9
30	10.3	11.0	11.8	12.7	13.5	13.9	13.8	13.1	12.2	11.3	10.5	10.1
28	10.4	11.0	11.8	12.7	13.4	13.8	13.6	13.0	12.2	11.3	10.6	10.2
26	10.5	11.1	11.8	12.6	13.3	13.6	13.5	12.9	12.1	11.4	10.7	10.4
24	10.7	11.2	11.8	12.6	13.2	13.5	13.3	12.8	12.1	11.4	10.8	10.5
22	10.8	11.3	11.9	12.5	13.1	13.3	13.2	12.8	12.1	11.5	10.9	10.7
20	10.9	11.3	11.9	12.5	12.9	13.2	13.1	12.7	12.1	11.5	11.0	10.8
18	11.0	11.4	11.9	12.4	12.8	13.1	13.0	12.6	12.1	11.6	11.1	10.9
16	11.1	11.5	11.9	12.4	12.7	12.9	12.9	12.5	12.1	11.6	11.2	11.1
14	11.3	11.6	11.9	12.3	12.6	12.8	12.8	12.5	12.1	11.7	11.3	11.2
12	11.4	11.6	11.9	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.7	11.4	11.3
10	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.1	11.8	11.5	11.4
8	11.6	11.7	11.9	12.2	12.4	12.5	12.4	12.3	12.0	11.8	11.6	11.5
6	11.7	11.8	12.0	12.1	12.3	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.7	11.7
4	11.8	11.9	12.0	12.1	12.2	12.2	12.2	12.1	12.0	11.9	11.8	11.8
2	11.9	11.9	12.0	12.0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.0	12.0	11.9	11.9
0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0

جدول (٥-١ب) الأشعة الشمسية الساقطة على الغلاف الجوى الخارجى Ra بوحدات ميجاجول/م^{2}/يوم بدلالة الشهر وخط العرض وذلك للنصف الجنوبى للكرة الأرضية Southern Hemisphere (للتحويل إلى مم/يوم اقسم على ٢,٤٥)

Lat. deg.	Southern Hemisphere											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
70	24.0	17.4	13.0	8.4	2.7	0.0	0.0	6.4	11.2	15.7	21.7	24.0
68	21.9	16.7	12.9	8.7	4.3	0.0	1.7	7.0	11.3	15.3	19.9	24.0
66	20.1	16.2	12.8	9.1	5.3	2.0	3.7	7.6	11.3	15.0	18.8	22.1
64	19.0	15.8	12.8	9.3	6.1	3.7	4.8	8.0	11.4	14.7	18.0	20.3
62	18.3	15.5	12.7	9.6	6.7	4.8	5.6	8.3	11.4	14.5	17.4	19.2
60	17.6	15.2	12.6	9.8	7.2	5.6	6.3	8.7	11.5	14.3	16.9	18.4
58	17.1	14.9	12.6	9.9	7.6	6.2	6.8	8.9	11.5	14.1	16.5	17.8
56	16.7	14.7	12.5	10.1	8.0	6.7	7.2	9.2	11.6	13.9	16.1	17.3
54	16.3	14.5	12.5	10.2	8.3	7.2	7.6	9.4	11.6	13.8	15.8	16.9
52	16.0	14.3	12.5	10.4	8.6	7.5	8.0	9.6	11.6	13.7	15.5	16.5
50	15.7	14.2	12.4	10.5	8.8	7.9	8.3	9.7	11.7	13.6	15.3	16.1
48	15.4	14.0	12.4	10.6	9.0	8.2	8.5	9.9	11.7	13.4	15.0	15.8
46	15.2	13.9	12.4	10.7	9.2	8.5	8.8	10.0	11.7	13.3	14.8	15.5
44	14.9	13.7	12.4	10.8	9.4	8.7	9.0	10.2	11.7	13.3	14.6	15.3
42	14.7	13.6	12.3	10.8	9.6	9.0	9.2	10.3	11.7	13.2	14.4	15.0
40	14.5	13.5	12.3	10.9	9.8	9.2	9.4	10.4	11.8	13.1	14.3	14.8
38	14.4	13.4	12.3	11.0	9.9	9.4	9.6	10.5	11.8	13.0	14.1	14.6
36	14.2	13.3	12.3	11.1	10.1	9.6	9.8	10.6	11.8	12.9	13.9	14.4
34	14.0	13.2	12.2	11.1	10.2	9.7	9.9	10.7	11.8	12.9	13.8	14.3
32	13.9	13.1	12.2	11.2	10.4	9.9	10.1	10.8	11.8	12.8	13.7	14.1
30	13.7	13.0	12.2	11.3	10.5	10.1	10.2	10.9	11.8	12.7	13.5	13.9
28	13.6	13.0	12.2	11.3	10.6	10.2	10.4	11.0	11.8	12.7	13.4	13.8
26	13.5	12.9	12.2	11.4	10.7	10.4	10.5	11.1	11.9	12.6	13.3	13.6
24	13.3	12.8	12.2	11.4	10.8	10.5	10.7	11.2	11.9	12.6	13.2	13.5
22	13.2	12.7	12.1	11.5	10.9	10.7	10.8	11.2	11.9	12.5	13.1	13.3
20	13.1	12.7	12.1	11.5	11.1	10.8	10.9	11.3	11.9	12.5	13.0	13.2
18	13.0	12.6	12.1	11.6	11.2	10.9	11.0	11.4	11.9	12.4	12.9	13.1
16	12.9	12.5	12.1	11.6	11.3	11.1	11.1	11.5	11.9	12.4	12.8	12.9
14	12.7	12.4	12.1	11.7	11.4	11.2	11.2	11.5	11.9	12.3	12.7	12.8
12	12.6	12.4	12.1	11.7	11.4	11.3	11.4	11.6	11.9	12.3	12.6	12.7
10	12.5	12.3	12.1	11.8	11.5	11.4	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6
8	12.4	12.3	12.1	11.8	11.6	11.5	11.6	11.7	12.0	12.2	12.4	12.5
6	12.3	12.2	12.0	11.9	11.7	11.7	11.7	11.8	12.0	12.1	12.3	12.3
4	12.2	12.1	12.0	11.9	11.8	11.8	11.8	11.9	12.0	12.1	12.2	12.2
2	12.1	12.1	12.0	12.0	11.9	11.9	11.9	11.9	12.0	12.0	12.1	12.1
0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0

جدول (٥-٢) ويبين متوسط أقصى ساعات سطوع للشمس N لكل شهر بدلالة خط العرض وذلك لنصفى الكرة الأرضية الشمالي والجنوبي

Northern Lats	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
Southern Lats	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June
50°	8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1
48	8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16.0	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3
46	9.1	10.4	11.9	13.5	14.9	15.7	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7
44	9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14.0	12.6	11.0	9.7	8.9
42	9.4	10.6	11.9	13.4	14.6	15.2	14.9	13.9	12.6	11.1	9.8	9.1
40	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2	10.0	9.3
35	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
30	10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
25	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6
20	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
15	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
10	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
5	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.0	11.9	11.8
0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0

أما R_b فهى الأشعة المرتدة وهى طويلة الموجة وتشع من الأرض فلها معادلات لحسابها ولكن يمكن تقريبها وأخذها تساوى: $R_b = 82 Cal/cm^2.day$ أى ١,٤ مم/يوم.

وتحتوى معادلة بنمان علاوة على قيمة R_n على قيمة E وهذه القيمة تسببت فى التعديل المستمر لمعادلة بنمان فكلما أدخل تعديلا على طريقة حساب قيمة E. تُعَدّل معادلة بنمان حيث أن قيمة E تمثل تأثير كل من فرق الضغط البخارى وسرعة الرياح على التبخر ويمكن وضع معادلة حساب E على الصورة العامة الآتية :

المعادلة	وحدات E	وحدات e
$E=0.35W_f(e_s-e_a)$	مم/يوم	مم زئبق
$E=0.26W_f(e_s-e_a)$	مم/يوم	مللى بار
$E=15.36W_f(e_s-e_a)$	كالورى/سم^2 يوم	مللى بار
$E=6.43W_f(e_s-e_a)$	ميجا جول/م^2 يوم	كيلو باسكال

حيث e_a : الضغط البخارى الفعلى عند درجة حرارة نقطة الندى

e_s : الضغط البخارى المشبع عند درجة الحرارة اليومية المتوسطة.

أما تأثير سرعة الرياح U_2 فيحسب من إحدى المعادلات الآتية.

المعادلة	وحدات U_2 (على ارتفاع ٢ متر من سطح الأرض)
$W_f=1+0.01U_2$	ميل/يوم
$W_f=1+0.0062U_2$	كم/يوم
$W_f=1+0.536\,U_2$	متر/ث

وهذه هى بعض ثوابت التحويل المفيدة والتى استخدمت فى المعادلات السابقة

1 mm Hg=1.3332 mb	=0.1333 kPa
1 mm H_2O=59 cal/cm^2	=2.45 MJ/ m^2
1 m/s=86.4 km/day	1 mile=1.61 km

ويمكن إيجاد الضغط البخارى بدلالة درجة الحرارة من جدول (٥-٣) (kPa = 10 mbar) حيث يتم إيجاد e_s بدلالة متوسط درجة الحرارة اليومية أما e_a فتوجد بدلالة درجة حرارة نقطه الندى وفى حالة عدم معرفتها يمكن استخدام درجة الحرارة الصغرى. وعند معرفة الرطوبة النسبية RH يمكن التعويض عن قيمة e_a من المعادلة $e_a=e_s.RH$ ويعوض عن الرطوبة النسبية بالقيمة الكسرية وليس كنسبة مئوية أما γ فهى ثابت سيكرومترى ويساوى ٠,٦٦ مللى بار/^{o}م (٠,٠٦٦ كيلوباسكال/^{o}م)

Δ : ميل منحنى الضغط البخارى المشبع للهواء مللى بار/^{o}م ويمكن أيجاده من جدول (٥-٤) ولكن بوحدات كيلوباسكال/^{o}م ولتحويلها بوحدات مللى بار/ ^{o}م نقسم علي ١٠ .

ويمكن إيجاد قيمة W مباشرة من جدول (٥-٥) بدلالة درجة الحرارة والارتفاع عن سطح البحر altitude بالمتر.

وقد جاءت معادلة منظمة الأغنية والزراعة FAO مختلفة فى قيمة معادلة تأثير الرياح فتأخذ معادلة الفاو الشهيرة Doorenbos and Pruitt, 1977 الصورة التالية Penman FAO - 14,

$$ET_o = C\left[W.R_n + (1-W).F(u).(e_s - e_a)\right]$$

Where $F(u)=0.27\,(1+0.01U_2)$

حيث U_2 هى سرعة الرياح على ارتفاع ٢ متر من سطح الأرض بوحدات كم/يوم ومن هنا يحدث الاختلاف بين معادلة الفاو ومعادلة بنمان الأصلية حيث أن الثابت فى المعادلة هو 0.01 بدلا من 0.0062. وذلك لاستعمال وحدات سرعة الرياح بالكم/ساعة بدلا من ميل/ساعة وهذا هو الاختلاف.

جدول (٥-٣) الضغط البخاري بدلالة درجة الحرارة

T °C	e_s kPa	T °C	e°(T) kPa	T °C	e°(T)kPa	T °C	e_s kPa
1.0	0.657	13.0	1.498	25.0	3.168	37.0	6.275
1.5	0.681	13.5	1.547	25.5	3.263	37.5	6.448
2.0	0.706	14.0	1.599	26.0	3.361	38.0	6.625
2.5	0.731	14.5	1.651	26.5	3.462	38.5	6.806
3.0	0.758	15.0	1.705	27.0	3.565	39.0	6.991
3.5	0.785	15.5	1.761	27.5	3.671	39.5	7.181
4.0	0.813	16.0	1.818	28.0	3.780	40.0	7.376
4.5	0.842	16.5	1.877	28.5	3.891	40.5	7.574
5.0	0.872	17.0	1.938	29.0	4.006	41.0	7.778
5.5	0.903	17.5	2.000	29.5	4.123	41.5	7.986
6.0	0.935	18.0	2.064	30.0	4.243	42.0	8.199
6.5	0.968	18.5	2.130	30.5	4.366	42.5	8.417
7.0	1.002	19.0	2.197	31.0	4.493	43.0	8.640
7.5	1.037	19.5	2.267	31.5	4.622	43.5	8.867
8.0	1.073	20.0	2.338	32.0	4.755	44.0	9.101
8.5	1.110	20.5	2.412	32.5	4.891	44.5	9.339
9.0	1.148	21.0	2.487	33.0	5.030	45.0	9.582
9.5	1.187	21.5	2.564	33.5	5.173	45.5	9.832
10.0	1.228	22.0	2.644	34.0	5.319	46.0	10.086
10.5	1.270	22.5	2.726	34.5	5.469	46.5	10.347
11.0	1.313	23.0	2.809	35.0	5.623	47.0	10.613
11.5	1.357	23.5	2.896	35.5	5.780	47.5	10.885
12.0	1.403	24.0	2.984	36.0	5.941	48.0	11.163
12.5	1.449	24.5	3.075	36.5	6.106	48.5	11.447

جدول (٥-٤) ميل منحني الضغط البخاري الشبع بدلالة درجة الحرارة

T°C	Δ kPa/°C	T°C	Δ kPa/°C	T°C	Δ kPa/°C	T°C	Δ kPa/°C
1.0	0.047	13.0	0.098	25.0	0.189	37.0	0.342
1.5	0.049	13.5	0.101	25.5	0.194	37.5	0.350
2.0	0.050	14.0	0.104	26.0	0.199	38.0	0.358
2.5	0.052	14.5	0.107	26.5	0.204	38.5	0.367
3.0	0.054	15.0	0.110	27.0	0.209	39.0	0.375
3.5	0.055	15.5	0.113	27.5	0.215	39.5	0.384
4.0	0.057	16.0	0.116	28.0	0.220	40.0	0.393
4.5	0.059	16.5	0.119	28.5	0.226	40.5	0.402
5.0	0.061	17.0	0.123	29.0	0.231	41.0	0.412
5.5	0.063	17.5	0.126	29.5	0.237	41.5	0.421
6.0	0.065	18.0	0.130	30.0	0.243	42.0	0.431
6.5	0.067	18.5	0.133	30.5	0.249	42.5	0.441
7.0	0.069	19.0	0.137	31.0	0.256	43.0	0.451
7.5	0.071	19.5	0.141	31.5	0.262	43.5	0.461
8.0	0.073	20.0	0.145	32.0	0.269	44.0	0.471
8.5	0.075	20.5	0.149	32.5	0.275	44.5	0.482
9.0	0.078	21.0	0.153	33.0	0.282	45.0	0.493
9.5	0.080	21.5	0.157	33.5	0.289	45.5	0.504
10.0	0.082	22.0	0.161	34.0	0.296	46.0	0.515
10.5	0.085	22.5	0.165	34.5	0.303	46.5	0.526
11.0	0.087	23.0	0.170	35.0	0.311	47.0	0.538
11.5	0.090	23.5	0.174	35.5	0.318	47.5	0.550
12.0	0.092	24.0	0.179	36.0	0.326	48.0	0.562
12.5	0.095	24.5	0.184	36.5	0.334	48.5	0.574

Temperature °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
W at altitude m 0	0.43	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77*	.78	.80	.82	.83	.84	.85
500	.44	.48	.51	.54	.57	.60	.62	.65	.67	.70	.72	.74	.76	.78	.79	.81	.82	.84	.85	.86
1 000	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.80	.82	.83	.85	.86	.87
2 000	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.88
3 000	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.83	.84	.85	.86	.87	.88	.89
4 000	.54	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.89	.90	.90

Temperature °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
(1-W) at altitude m 0	0.57	.54	.51	.48	.45	.42	.39	.36	.34	.32	.29	.27	.25	.23*	.22	.20	.19	.17	.16	.15
500	.56	.52	.49	.46	.43	.40	.38	.35	.33	.30	.28	.26	.24	.22	.21	.19	.18	.16	.15	.14
1 000	.54	.51	.48	.45	.42	.39	.36	.34	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.20	.18	.17	.15	.14	.13
2 000	.51	.48	.45	.42	.39	.36	.34	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.18	.16	.15	.14	.13	.12
3 000	.48	.45	.42	.39	.36	.34	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.18	.16	.15	.14	.13	.12	.11
4 000	.46	.42	.39	.36	.34	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.18	.16	.15	.14	.13	.12	.11	.10

جدول (٥- ٥) يبن قيم المعامل الوزنى W لتأثير الإشعاع على جهد البخرنتح بدلالة درجة الحرارة والارتفاع عن مستوى سطح البحر (altitude)

وعند وضع قيمة C معامل التصحيح Adjustment Factor فى المعادلة يساوى $C = 1$ فإن المعادلة تسمى المعادلة غير المصححة uncorrected FAO - 24 Penman أما عند التعويض بقيمة C وهى تقل عن الواحد الصحيح قليلا تسمى المعادلة Corrected FAO واستخدام معامل التصحيح يأخذ فى الاعتبار تأثير الاختلاف فى الظروف الجوية بين النهار والليل. ولإيجاد قيمة C يجب معرفة القيمة التقريبية لكل من الرطوبة النسبية القصوى وسرعة الرياح ونسبة سرعة الرياح أثناء النهار إلى نسبتها أثناء الليل بالإضافة إلى الإشعاع الساقط على سطح الأرض R_s.

وأحدث تعديل تم إجراءه على معادلة بنمان كان سنة ١٩٨٩ وأطلق على معادلة بنمان بمعادلة بنمان مونتيث FAO Penman - Monteith حيث وافقت لجنة الخبرة الاستشارية لمنظمة الأغذية والزراعة FAO بالإجماع على التوصية بأن معادلة بنمان مونتيث هى أفضل الطرق لحساب جهد البخرنتح ET_o كما هى منشورة بواسطة Allen et al. (1989) وتستخدم هذه الطريقة قيم ثابتة لمقاومة سطح النبات وارتفاع المحصول مما يقتضى إعادة تعريف البخرنتح المطلق ET_o بأنه البخرنتح من محصول افتراضى ارتفاعه ١٢سم وله مقاومة سطح ثابتة ٧٠ ثانية/متر (عكس وحدات السرعة) ومعامل انعكاس ٠,٢٣ ويماثل البخرنتح من سطح نباتى أخضر متجانس فى حالة نمو نشط ويغطى سطح التربة تماما تحت ظروف لا ينقصها الماء.

وتستخدم معادلة بنمان مونتيث لحساب البخرنتح المطلق على مدى ٢٤ ساعة للبيانات المتوسطة لليوم أو للشهر وتأخذ الصورة التالية.

$$ET_o=\frac{\Delta R_n+\gamma\frac{900}{T+273}U_2(e_s-e_a)}{\Delta+\gamma(1+0.34U_2)}$$

حيث ET_o جهد البخرنتح (مم/يوم)

R_n صافى الأشعة الساقطة بوحدات مم/يوم

U_2 سرعة الرياح على ارتفاع ٢ متر من سطح الأرض (متر/ثانية)

$e_s - e_a$ فرق الضغط البخارى بوحدات كيلو باسكال kP_a

Δ ميل منحنى الضغط البخارى بالكيلو باسكال/°م (kP_a/°C) جدول (٤).

γ ثابت سيكرومترى ويساوى ٠,٠٦٦ كيلو باسكال/°م

٩٠٠ معامل تحويل

$$\Delta=\frac{4098e^o(T)}{(T+237.3)^2}\quad kP_a/^oC$$

حيث T درجة الحرارة المتوسطة درجة مئوية

$e^o(T)$ الضغط البخارى المشبع kP_a عند درجة الحرارة T جدول (٣).

حيث $e^o(T)=0.6108\cdot\exp\left[\frac{17.27\times T}{237.3+T}\right]$ و exp(x) تعنى e^x حيث e هى الأساس الطبيعي ويساوى ٢,٧١٨٣.

وقد أشارت بعض الدراسات إلى أنه فى المناطق الرطبة يمكن استخدام درجة الحرارة الصغرى فى حساب الضغط البخارى الفعلى e_a بدلا من استخدام درجة حرارة نقطة الندى. ولكن فى المناطق الجافة تقل درجة الحرارة الصغرى بحوالى درجة واحدة إلى ثلاث درجات مئوية عن نقطة الندى عندما تكون محطة الأرصاد الجوية محاطة بغطاء نباتى ولذلك تصحح درجة الحرارة الصغرى بطرح درجتين مئويتين منها، وتستخدم معادلة Tentens , 1930 فى حساب الضغط البخارى الفعلى e_a كيلو باسكال بمعلومية درجة الحرارة اليومية الصغرى T_{min} كالآتى

$$e_a=0.611\cdot exp\left[\frac{17.27T_{min}}{T_{mim}+237.3}\right]$$

وفي العادة يتم أيجاد ضغط البخار الفعلي بمعلومية درجة الحرارة الصغري والقصوي T_{max} , T_{min} والرطوبة النسبية القصوي والصغري RH_{max} , RH_{min} كما يلي:-

$$e_a=\frac{e_o(T_{min})\frac{RH_{max}}{100}+e_o(T_{max})\frac{RH_{min}}{100}}{2}$$

ويمكن حساب الضغط البخارى المشبع e_s بالكيلو باسكال عند درجة الحرارة اليومية المتوسطة درجة مئوية كالآتى

$$e_s=\frac{e_o(T_{max})+e_o(T_{min})}{2}$$

حيث T_{min} و T_{max} هما درجتى الحرارة الصغرى والكبرى على التوالى.

عندما تكون بيانات سرعة الرياح غير متوافرة فى الموقع أو قد تكون متغيرة بدرجة كبيرة من يوم لآخر فإنه يمكن استخدام المتوسط الشهرى لسرعة الرياح اليومية. وفى حالة عدم توافر بيانات عن سرعة الرياح تماما يمكن اخذ المتوسط اليومى العالمى $U_2 = 2$ m/s. حيث أنه فى حالات الرياح الشديدة يكون المتوسط اليومى العالمى ٣م/ث (٢٦٠ كم/يوم) وفى حالات الرياح المنخفضة يكون المتوسط اليومى العالمى ١ م/ث (٩٠ كم/يوم).

وقد تأخذ معادلة بنمان-مونتيس الصيغة العامة الآتية:-

$$ET_o=\frac{0.408\Delta(R_n-G)+\gamma\frac{900}{T+273}U_2(e_s-e_a)}{\Delta+\gamma(1+0.34U_2)}$$

حيث أن الرقم 0.408 هو لتحويل وحدات الأشعاع R_n في المعادلة من MJ / m^2.day الي مم/ يوم ولم يظهر هذا الرقم في المعادلة الأولي لأن وحدات الأشعاع R_n كانت بالمم / يوم.

G = تأثير حرارة التربة Soil heat flux (MJ / m^2.day)

وتهمل حرارة التربة في المعادلة إذا كانت فترة الحساب تتراوح بين ١ ــ ١٠ يوم أما أذا كانت فترة الحساب شهرية فتحسب كما يلي

$$G_{month}=0.14(T_{month}-T_{month-1})$$

حيث T_{month} متوسط درجة حرارة الشهر المطلوب حساب جهد البخر نتح له أما $T_{month-1}$ فهي متوسط درجة حرارة الشهر السابق درجة مئوية.

٢- طرق درجة الحرارة

أ بلانى كريدل Blaney - Criddle Method

تعد طريقة بلانى كريدل من الطرق المعروفة لحساب الاستهلاك المائى للمحاصيل فى غرب الولايات المتحدة واستعملت على نطاق واسع فى جميع أنحاء العالم. وأساس هذه الطريقة هى قياسات الاستهلاك المائى التى أجريت على مدى عشرين عاما منذ ١٩٢٠ باستخدام طريقة تقدير الرطوبة لعينات التربة وكانت العلاقة التجريبية الأولى بواسطة Blaney & Morin (1942) واعتمدت على متوسط درجة الحرارة ومتوسط الرطوبة النسبية ومتوسط النسبة المئوية لساعات النهار الشهرية. ثم عدلت هذه العلاقة بعد ذلك Blaney and Criddle (1945 , 1950 , 1962) وذلك بإخراج حد الرطوبة النسبية من العلاقة لتصبح دالة فى درجة الحرارة و ساعات النهار الشهرية ويمكن كتابتها على الصورة التالية بالوحدات المترية

$$ET_o=P(0.46t+8.13)\quad mm/day$$

حيث P النسبة المئوية لساعات النهار اليومية وتستخرج من جدول (٥-٦) بمعلومية خط العرض Latitude ورقم الشهر من السنة.

t متوسط درجة الحرارة اليومية بالدرجة المئوية.

ET_o جهد البخرنتح مم/يوم.

جدول (٥- ٦) النسبة المئوية لساعات النهار اليومية بدلالة خط العرض Latitude ورقم الشهر فى السنة.

North Latitude South[1]	Jan July	Feb Aug	Mar Sept	Apr Oct	May Nov	June Dec	July Jan	Aug Feb	Sept Mar	Oct Apr	Nov May	Dec June
60°	.15	.20	.26	.32	.38	.41	.40	.34	.28	.22	.17	.13
58	.16	.21	.26	.32	.37	.40	.39	.34	.28	.23	.18	.15
56	.17	.21	.26	.32	.36	.39	.38	.33	.28	.23	.18	.16
54	.18	.22	.26	.31	.36	.38	.37	.33	.28	.23	.19	.17
52	.19	.22	.27	.31	.35	.37	.36	.33	.28	.24	.20	.17
50	.19	.23	.27	.31	.34	.36	.35	.32	.28	.24	.20	.18
48	.20	.23	.27	.31	.34	.36	.35	.32	.28	.24	.21	.19
46	.20	.23	.27	.30	.34	.35	.34	.32	.28	.24	.21	.20
44	.21	.24	.27	.30	.33	.35	.34	.31	.28	.25	.22	.20
42	.21	.24	.27	.30	.33	.34	.33	.31	.28	.25	.22	.21
40	.22	.24	.27	.30	.32	.34	.33	.31	.28	.25	.22	.21
35	.23	.25	.27	.29	.31	.32	.32	.30	.28	.25	.23	.22
30	.24	.25	.27	.29	.31	.32	.31	.30	.28	.26	.24	.23
25	.24	.26	.27	.29	.30	.31	.31	.29	.28	.26	.25	.24
20	.25	.26	.27	.28	.29	.30	.30	.29	.28	.26	.25	.25
15	.26	.26	.27	.28	.29	.29	.29	.28	.28	.27	.26	.25
10	.26	.27	.27	.28	.28	.29	.29	.28	.28	.27	.26	.26
5	.27	.27	.27	.28	.28	.28	.28	.28	.28	.27	.27	.27
0	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27

[1]Southern latitudes: apply 6-month difference as shown.

ب بلانى كريدل المعدلة SCS Blaney Criddle (USDA , 1970)

أدخلت هيئة صيانة التربة الأمريكية تعديلاً على معادلة بلانى كريدل وذلك بإضافة معامل لدرجة الحرارة للمعادلة لتصبح كما يلى

$$ET_o = K_t P(0.46t + 8.13)$$

$$K_t = 0.0311t + 0.24$$

حيث K_t : معامل درجة الحرارة

t: متوسط درجة الحرارة اليومية خلال الشهر درجة منوية

جـ - بلانى كريدل فاو FAO Blaney - Criddle Method

تعتمد طريقة الفاو بدلا من إدخال معامل درجة الحرارة على إدخال تأثير كل من الرطوبة النسبية ونسبة ساعات السطوع وسرعة الرياح أثناء النهار.

جدول (٥- ٦). النسبة المئوية لساعات النهار اليومية بدلالة خط العرض Latitude والشهر من شهور السنة.

د- طريقة جنسن هيز Jensen - Haise (1963)

قام كل من جنسن وهيز بأخذ قراءات ٣٠٠٠ تجربة على مدى ٣٥ عام وتحديد الاستهلاك المائى عن طريق أخذ عينات رطوبة التربة وتم إيجاد علاقة خطية لمائة تجربة وكانت العلاقة كالآتى:

$$ET_o = R_s (0.025t + 0.08)$$

حيث ET_o جهد البخرنتح بالمم/يوم

t متوسط درجة الحرارة اليومية درجة مئوية.

R_s الإشعاع الشمس الساقط على سطح الأرض (مم/يوم).

هـ طريقة هارجريفز Hargreaves et al., 1985

نشر هارجريفز و آخرون عام ١٩٨٥ طريقة مبسطة لحساب البخرنتح من بيانات درجة الحرارة كالآتى:

$$ET_O = 0.0023 R_a (T_{mean} + 17.8)\sqrt{T_{max} - T_{min}}$$

حيث ET_o جهد البخرنتح بالمم/يوم

R_a الإشعاع الشمس الساقط على غلاف الأرض الخارجى(مم/يوم)

T_{mean} متوسط درجة الحرارة اليومية درجة مئوية.

T_{min} درجة الحرارة الصغرى اليومية.

T_{max} درجة الحرارة القصوى اليومية.

٣ طريقة البخر Evaporation Method

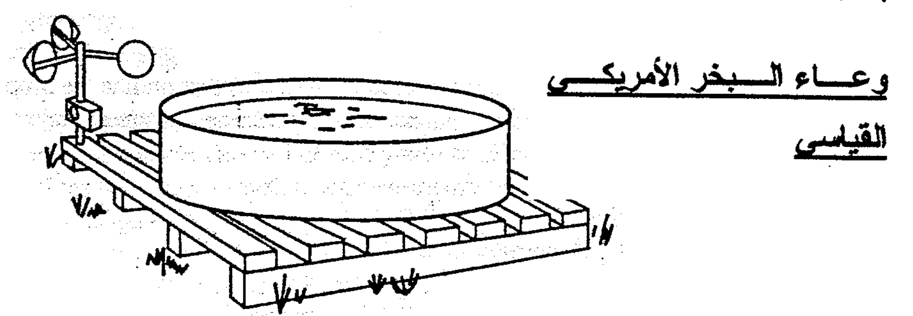
يمكن استخدام وعاء البخر لتقدير جهد البخرنتح باستخدام المعادلة الآتية

$$ET_o = K_p . E_p$$

حيث K_p معامل وعاء البخر ويعتمد على نوع الوعاء ووضعه.

E_p مقدار البخر من الوعاء بالمم/يوم

ووعاء البخر الأمريكي للقياس Class A pan عبارة عن وعاء قطره ١٢١ سم وعمقه ٢٥ سم مصنوع من الحديد المجلفن ويوضع على سطح خشبى بحيث يرتفع عن سطح الأرض ١٠ سم ويحفظ سطح الماء به عند مستوى حوالى من ٥ إلى ٧,٥ سم أسفل حافة الوعاء وعند تغطية الوعاء بشبكة من السلك بغرض حمايته من الطيور بفتحات نصف بوصة فإن معامل الوعاء يجب زيادته بمقدار من إلى ١٠% عن قيمته بدون الشبكة. وتحدد قيمة معامل الوعاء بمعرفة موضع الوعاء إذا كان موضوع وسط منطقة جافة غير منزرعة أو العكس وأيضاً بمعرفة سرعة الرياح السائدة والرطوبة النسبية. وعموماً فإن معامل وعاء البخر يتراوح قيمته من ٠,٦ إلى ٠,٨ بقيمة متوسطة مقدارها ٠,٧ وفى الزراعات المحمية يكون قراءة وعاء البخر داخل الصوبة تقل عن قراءة وعاء البخر فى محطة الأرصاد بمقدار ٧٠% تقريباً. ومن واقع التجارب وجد أن الارتباط بين قيمة البخر من وعاء البخر وقيمة الاستهلاك المائى تزداد إذا لم تكن النباتات والأرض تعانيان من نقص فى الرطوبة. و المعروف أن الظروف الجوية السائدة هى المؤثر الأساسى على كل من عمليات البخر من سطح الماء، والبخر من سطح الأرض، والنتح من أسطح النباتات.



وعاء البخر الأمريكي القياسي

٦

معامل المحصول

Crop Coefficient (K_c)

تختلف الاحتياجات المائية للنبات باختلاف مراحل نموه فإذا اعتبرنا محصولاً حولياً فإننا نجد أن الاحتياجات المائية تتزايد على طول فترة النمو الخضرى إلى أن يشرع النبات فى الإزهار حيث تصل احتياجاته المائية إلى أعلى المعدلات. وبعد فترة التلقيح وعقد الثمار يبدأ معدل الاستهلاك المائى فى الانخفاض تدرجياً إلى أن يتوقف نتح النبات تماماً بانتهاء دورة حياته ويتوقف حينئذ استهلاكه للماء كلية.

وعادة تفضل الريات الخفيفة المتكررة فى المراحل الأولى من النمو الخضرى حيث تكون الجذور سطحية غير متعمقة، ثم تتزايد كميات مياه الرى وتتباعد فتراته مع نمو النبات خضرياً ويصل معدل استهلاك المائى إلى أقصاه خلال أو قرب التزهير. ولذلك يجب الحرص الشديد على توفير المياه فى منطقة جذور النباتات خلال هذه الفترة. وقد يخفف من حدة الاستهلاك تعمق

المجموع الجذرى وانتشاره فى طبقات أكبر من قطاع التربة وبذلك تزيد قدرته فى استخلاص الماء من مخزون مائى أكبر.

وعند بداية الإثمار يكون المجموع الجذرى قد وصل إلى أقصى مداه كما أن الاحتياجات المائية تتناقص مما يؤدى إلى خفض كميات المياه المعطاة وإطالة الزمن بين الريات وبالتالى ينخفض عددها. وقد تكون هناك اعتبارات خاصة لبعض المحاصيل خصوصاً التى تنمو ثمارها تحت سطح التربة كالفول السودانى والبطاطس والذى يؤدى جفاف التربة أثناء نمو الدرنات والثمار إلى تشوهات فى شكلها.

يؤثر نوع الحصول تأثيرا كبيرا علي الاستهلاك المائي للأسباب الآتية:-

١- المساحة الورقية Leaf area ٢- توجيه الأوراق Leaf orientation

٣- سطح الأوراق (شمعية أو لامعة) Leaf surface

٤- الثغرات Stomata (وضع الثغرات علي سطح الورقة العلوي أو السفلي والخلايا الحارسة التي تتحكم في فتح الثغرة)

مراحل نمو المحصول

يقسم موسم نمو أى محصول إلى أربعة مراحل Four stages

١ ـ المرحلة الأولى (مرحلة بداية النمو) Initial stage

وتغطى مرحلة الإنبات ومرحلة النمو المبكرة،حيث تكون نسبة تغطية المحصول للأرض أقل من ١٠%

٢ ـ المرحلة الثانية (مرحلة تطور النمو) Crop development stage

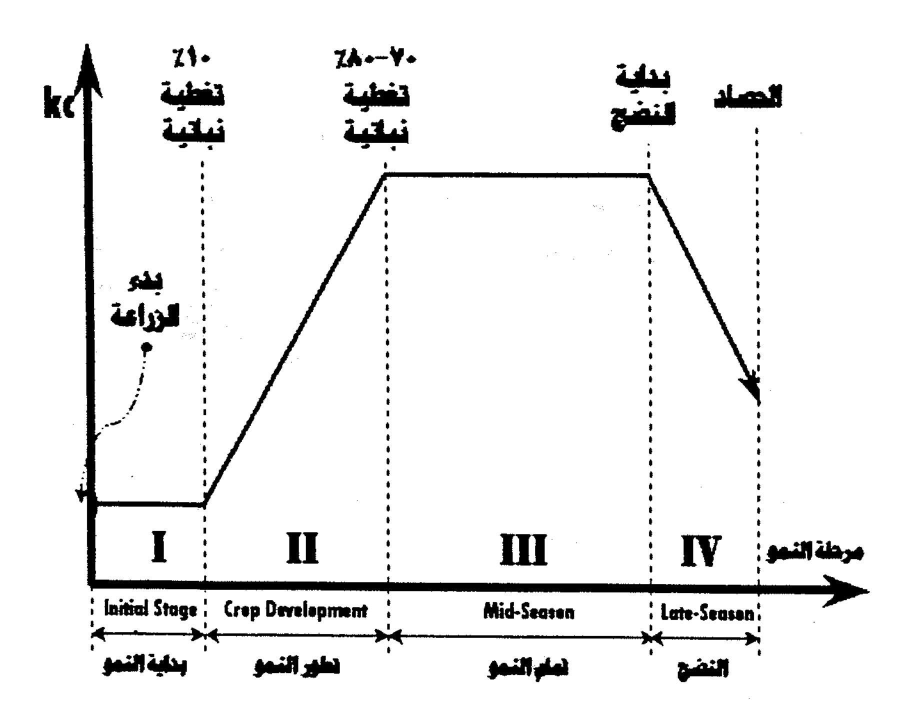
وتبدأ عند نهاية المرحلة الأولى وحتى وصول المحصول إلى التغطية شبه الكاملة للأرض (٧٠-٨٠%). ويتزايد معامل المحصول فيها بتزايد النمو

الخضرى للمحصول ويحتاج المحصول فى هذه المرحلة إلى رطوبة أرضية عالية وإلى نيتروجين بكمية كافية.

مثال : لمنحنى نمو محصـــــــول

٣ ـ المرحلة الثالثـة (مرحلة ثبات النمو) Mid-season stage

وتبدأ من نهاية المرحلة الثانية حتى بداية مرحلة النضج وتشمل هذه المرحلة الإزهار والتلقيح وعقد الثمار ويبلغ معامل المحصول فى هذه المرحلة قيمته القصوى وهذه المرحلة هى المرحلة الحرجة لنمو المحصول من حيث احتياجه للرطوبة الأرضية بدرجة كافية.



٤ - المرحلة الرابعة (مرحلة النضج والحصاد)Late season stage

وتبدأ هذه المرحلة من بداية النضج وحتى الحصاد وفى هذه المرحلة يحتاج المحصول إلى نسبة رطوبة أرضية أقل وفيها أيضا يقل معامل المحصول حيث تصفر الأوراق وتبدأ فى السقوط. ويحتاج المحصول فى بداية هذه المرحلة إلى التسميد الفوسفاتى (فو٢ أ٥) والبوتاسى (بو) بكميات كافية.

الفترات المختلفة لمراحل نمو المحصول

كما سبق فقد تم تقسيم مراحل نمو المحصول إلى أربعة مراحل مختلفة؛ هي مرحلة بداية النمو ثم مرحلة تطور النمو ثم مرحلة ثبات النمو وأخيرا مرحلة النضج والحصاد. ويلخص جدول (٦-١) عدد أيام كل مرحلة من مراحل نمو المحاصيل المختلفة بالإضافة إلي إجمالي عدد أيام موسم النمو. ومصدر هذه المعلومات هو كتاب الفاو رقم ٢٤ ورقم ٥٦، بالإضافة إلى المعلومات المحلية Local Observations .

(FAO Irrigation And Drainage Paper No:24 & No:56)

معدل النمو الخضري للمحصول يتأثر بالظروف الجوية بصفة عامة وبمتوسط درجة الحرارة اليومية بصفة خاصة. ولهذا فإن المدة التى تتقضي بين زراعة المحصول ونهاية النمو الخضري تعتمد على المناخ وخط العرض بالإضافة إلى ميعاد الزراعة وصنف المحصول. وبصفة علمة فإنه بمجرد وصول المحصول إلى نهاية النمو الخضري أى بمجرد اكتمال الغطاء النباتي فإن النمو بعد ذلك من حيث التزهير وتكوين الثمار والنضج يعتمد على النوع الوراثي للنبات genotype بصفة أساسية ويكون أقل اعتمادا على الظروف الجوية.

ويعد اصفرار الأوراق Senescence Of Leaves أهم علامات انتهاء مرحلة ثبات النمو وبداية مرحلة النضج والحصاد (المرحلة الرابعة) وعادة ما يبدأ الاصفرار بالأوراق السفلية. وتعد مرحلة النضج والحصاد أقصر المراحل إذ قد تكون عدد أيام تصل إلى أقل من ١٠ أيام في حالة المحاصيل التي تحصد طازجة مثل الخضراوات الورقية. وقد يسرع من عملية النضج (يقصر المرحلة الرابعة) ارتفاع درجة الحرارة وزيادة الإجهاد الرطوبي Moisture Stress بل وقد يؤديان إلى تقصير مدة المرحلة الثالثة أيضا. ومما سبق يتضح أن الفترات المختلفة لمراحل نمو المحصول ليست ثابتة فهي تتغير حسب الظروف الجوية وصنف المحصول.

جدول (٦-١) مراحل نمو المحاصيل بالأيام

Lengths of crop development stages (days) FAO.

Total إجمالي أيام النمو	late النضج	mid تمام النمو	dev تطور النمو	ini بداية النمو	Planting Date ميعاد الزراعة	Crop المحصول
135	15	40	45	35	Sept / Jan	بروكلي Broccoli
140	15	40	50	35	Sept/ Oct	كرنب Cabbage
150	20	60	40	30	Oct	جزر Carrots
150	15	50	50	35	Sept	قرنبيط Cauliflower
105	10	25	40	30	Oct/Nov/Jan	خس Lettuce
150	40	70	25	15	December	بصل Onion (dry) جاف
70	5	10	30	25	October	بصل Onion (green) أخضر
210	45	110	35	20	October	بصل Onion (seed) بذر
100	10	40	30	20	Sept/ Oct	سبانخ Spinach
45	5	20	10	10	October	فجل Radish
160	30	50	50	30	Feb/ April	باذنجان Egg plant
180	30	80	40	30	Mar/ April	Sweet peppers فلفل حلو (bell)

Total إجمالي أيام النمو	late النضج	mid تمام النمو	dev تطور النمو	ini بداية النمو	Planting Date ميعاد الزراعة	Crop المحصول
155	30	50	40	35	Oct/April/Aug	طماطم، قوطة Tomato بندورة
120	10	35	45	30	Sept/Jan	كنتالوب Cantaloupe
130	20	50	35	25	Oct/ Jan	خيار Cucumber
120	25	35	35	25	Apr/May/June	Squash, Zucchini قرع الكوسة
140	30	50	30	30	April	شمام Sweet melons
140	30	50	35	25	April	بطيخ Water melons
120	30	35	30	25	Oct/ Jan	بطاطس Potato
150	40	60	30	20	April	بطاطا Sweet potato
205	40	70	60	35	November	بنجر Sugarbeet السكر
75	10	25	25	15	Oct	Beans (green) فاصوليا خضراء
110	20	40	30	20	Oct	فاصوليا Beans (dry) جافة
180	30	45	45	60	November	Faba bean/ broad فول beans
110	20	30	30	20	June	لوبيا العلف Cowpeas

Total إجمالي أيام النمو	late النضج	mid تمام النمو	dev تطور النمو	ini بداية النمو	Planting Date ميعاد الزراعة	Crop المحصول
140	25	35	45	35	May	فول Groundnut سوداني
150	40	60	30	20	October	عدس Lentil
120	20	35	30	35	October	بسلة Peas
120	20	50	30	20	May	فول صويا Soybeans
270	10	180	40	40	Sept	خرشوف Artichoke السنة الأولي
365	45	200	30	90	Jan	أسبرجس Asparagus
180	40	60	50	30	March	قطن Cotton
150	40	50	35	25	Nov	كتان Flax
125	25	45	35	20	April	قرطم Safflower
110	20	40	30	20	May	سمسم Sesame
130	25	45	35	25	May	عباد شمس Sunflower
160	30	60	50	20	November	Barley/Oats/Wheat قمح وشعير
150	30	50	40	30	May	ذرة Maize (grain) شامية
110	20	30	30	30	May/June	ذرة Maize (sweet)

Total إجمالي أيام النمو	late النضج	mid تمام النمو	dev تطور النمو	ini بداية النمو	Planting Date ميعاد الزراعة	Crop المحصول
						سكرية
130	30	40	35	20	May/June	ذرة رفيعة Sorghum (عويجة)
150	30	60	30	30	June	أرز Rice
30	5	10	10	5	September	برسيم حجازي حشة كل ٣٠ يوم شتاء Alfalfa, winter cutting cycles
45	10	10	20	5	April	برسيم حجازي حشة كل ٤٥ يوم صيفا Alfalfa, summer cutting cycles
105	35	35	25	10	November	برسيم Berseem مصري
405	120	190	60	35		Sugarcane, virgin
280	50	135	70	25		Sugarcane, ratoon
390	60	120	90	120	Mar	Banana, 1st yr
365	5	180	60	120	Feb	Banana, 2nd yr
240	60	120	40	20	Feb	عنب Grapes

Crop المحصول	Planting Date ميعاد الزراعة	ini بداية النمو	dev تطور النمو	mid تمام النمو	late النضج	Total إجمالي أيام النمو
Citrusموالح) برتقال ، يوسفي، ليمون)	March/Sept	60	90	120	95	365
Deciduous Orchard فاكهة متساقطة الأوراق	Feb	20	70	120	60	270
زيتون Olives	Feb	30	90	60	90	270

العوامل المؤثرة على معامل المحصول

تغير الغطاء النباتي يعني تغير معامل المحصول واتجاه تغير معامل المحصول يمكن تمثيله بمنحنى معامل المحصول Crop Coefficient Curve.ويمكن رسم منحنى معامل المحصول بمعلومية ثلاث قيم لمعامل المحصول خلال مراحل النمو الثلاثة الآتية :-

١. المرحلة الأولى وهي مرحلة بداية النمو k_{cini}
٢. المرحلة الثالثة وهي مرحلة ثبات النمو k_{cmid}
٣. نهاية المرحلة الرابعة أي عند الحصاد k_{cend}

ويوضح الجدول (٦-٢)القيم الشائعة الاستخدام لمعامل المحصول عند المراحل الثلاث السابقة لمختلف المحاصيل الزراعة ويتم تقسيم المحاصيل إلى مجموعات متشابهة الخواص مثل : (الخضروات الورقية والبقول والحبوب ... الخ). وذلك لتشابه محاصيل كل مجموعة من حيث ارتفاع المحصول والمساحة الورقية والغطاء النباتي الإضافة إلى إدارة المياه وعلى ذلك يكون

معامل المحصول داخل كل مجموعة متقارب. ومعامل المحصول في جدول (٦-٢) يعكس تأثير كل من النتح والبخر مع الزمن، هذا التأثير يتمثل في متوسط الفترة بين ابتلال التربة لمحصول قياسي تحت ظروف نمو سائدة. فأثناء مرحلة بداية النمو وتطور النمو يتأثر معامل المحصول بالتغيرات في الفترة بين الريات ولهذا يجب تصحيح معامل المحصول في مرحلة بداية النمو k_{cini}. فعند استخدام الري بالرش تكون الفترة بين الريات قصيرة ونتيجة لذلك يكون سطح التربة دائماً مبتل وبناءاً على ذلك تزيد قيمة معامل المحصول k_{cini} بدرجة كبيرة.

وقيم معامل المحصول(k_{cend} & k_{cmid})في جدول (٦-٢) تمثلان القيم عند ظروف جوية سائدة من متوسط أقل رطوبة نسبية صغرى (RH_{min}) قدرها ٤٥ % وسرعة رياح هادئة إلى معتدلة عند متوسط ٢ متر/ثانية. ولهذا إذا تغيرت الظروف الجوية من رطوبة نسبية أو سرعة رياح عن القيم القياسية يجب تصحيح معامل المحصول (k_{cend} & k_{cmid})و معامل المحصول في جدول (٦-٢) لمحاصيل لا تتعرض لإجهاد رطوبي أي لا تعاني العطش ومنزرعة تحت ظروف نمو مثلى وتحقق أعلى إنتاج وهذه الظروف تسمى بالظروف القياسية Standard Conditions. حيث يتطلب ذلك تصحيح لمعامل المحصول الذي لا ينمو تحت هذه الظروف القياسية من كثافة نباتية stand densityو ارتفاع للمحصول height ومساحة ورقية leaf area.

و يلاحظ في جدول (٦-٢) لمحصول بنجر السكر أن معامل المحصول عند الحصاد وهو يساوي ٠,٧ في حالة عدم الري في الشهر الأخير قبل الحصاد أما في حالة الري فإن معامل المحصول يرتفع لتصل قيمته ١ صحيح.
وفي حالة البرسيم الحجازي فأن معامل المحصول في مرحلة ثبات النمو (٠,٩٥) يمثل متوسط معامل المحصول قبل الحش وبعده. أما في حالة الفترة

للحشة الواحدة فإن هذه الفترة تبدأ مباشرة بعد الحش وتنتهي مباشرة قبل الحشة التالية ولذلك فإن نمو المحصول عبارة عن عدة دورات كل دورة تمثل فتره نمو حشة واحدة من المحصول.

يقل النتح للأناناس بسبب إغلاق النبات للثغرات خلال النهار وفتحها خلال الليل ولهذا فإن غالبية الاستهلاك المائي للأناناس عبارة عن البخر من سطح التربة. ولهذا فإن معامل المحصول في مرحلة ثبات النمو أقل من معامل المحصول لمرحلة بداية النمو لأن معامل المحصول لمرحلة ثبات النمو يحدث عند الغطاء النباتي الكامل ولهذا يكون البخر من سطح التربة أقل ما يمكن. والقيم المعطاة في الجدول تفترض أن الري يتم بواسطة الري بالرش و أن ٥٠ % من سطح التربة تغطى ببلاستيك أسود black plastic mulch. أما عند استخدام الري بالتنقيط تحت سطح البلاستيك يتم تخفيض قيمة معاملات المحصول بمقدار ١٠%. يتضمن الاستهلاك المائي للشاي الاستهلاك المائي للأشجار المظللة shade trees

يمثل معامل المحصول عند نهاية المرحلة الرابعة K_{cend} في حالة الفاكهة متساقطة الأوراق القيمة قبل سقوط الأوراق حيث أن قيمة معامل المحصول بعد سقوط الأوراق K_{cend} يساوي ٠,٢ للأرض المكشوفة الجافة أو للغطاء النباتي الميت dead ground cover ويصل معامل المحصول K_{cend} إلى ٠,٥ – ٠,٨ للغطاء النباتي النشط النمو.

جدول (٦-٢) . معامل المحصول Kc وأقصي أرتفاع للمحصول h وذلك لمحصول ينمو تحت ظروف بيئية جيدة ولا يتعرض لأجهاد رطوبي عند مناخ قياسي تحت رطب (سرعة رياح ٢م/ث ورطوبة نسبية صغري ٤٥%) وذلك لاستعماله مع معادلة الفاو بنمان-مونتيس الخاصة بحساب جهد البخر نتح FAO paper # 56 .ETo

Crop المحصول	Kc_{ini} بداية النمو	$K_{c\,mid}$ تمام النمو	$K_{c\,end}$ الحصاد	h (m)
a. Small Vegetables الخضروات والورقية	0.7	1.05	0.95	
Broccoli بروكلي		1.05	0.95	0.3
Cabbage كرنب		1.05	0.95	0.4
Carrots جزر		1.05	0.95	0.3
Cauliflower قرنبيط		1.05	0.95	0.4
Celery كرفس		1.05	1.00	0.6
Garlic ثوم		1.00	0.70	0.3
Lettuce خس		1.00	0.95	0.3
Onions بصل				
- dry جاف		1.05	0.75	0.4
- green أخضر		1.00	1.00	0.3
- seed بذر		1.05	0.80	0.5
Spinach سبانخ		1.00	0.95	0.3
Radish فجل		0.90	0.85	0.3
b. Vegetables - Solanum Family (Solanaceae) خضروات العائلة الباذنجانية	0.6	1.15	0.80	
Egg Plant باذنجان		1.05	0.90	0.8
Sweet Peppers (bell) فلفل حلو		1.05[2]	0.90	0.7

h (m)	Kc_{end} الحصاد	Kc_{mid} تمام النمو	Kc_{ini} بداية النمو	Crop المحصول
0.6	0.90	1.15[2]		Tomato طماطم
	0.80	1.00	0.5	c. Vegetables - Cucumber Family (Cucurbitaceae) الخضروات القرعية
0.3	0.60	0.85	0.5	Cantaloupe الكنتالوب
0.3	0.75	1.00	0.6	Cucumber الخيار
0.4	0.80	1.00		Pumpkin, Winter Squash القرع العسلي
0.3	0.75	0.95		Squash, Zucchini قرع الكوسة
0.4	0.75	1.05		Sweet Melons الشمام
0.4	0.75	1.00	0.4	Watermelon البطيخ
	0.95	1.10	0.5	d. Roots and Tubers المحاصيل الجذرية والدرنية
0.6	0.75[4]	1.15		Potato بطاطس
0.4	0.65	1.15		Sweet Potato بطاطا
0.5	0.70	1.20	0.35	Sugar Beet بنجر السكر
	0.55	1.15	0.4	e. Legumes (Leguminosae) العائلة البقولية
0.4	0.90	1.05	0.5	Beans, green الفاصوليا الخضراء
0.4	0.35	1.15	0.4	Beans, dry and Pulses الفاصوليا الجافة
0.4	0.35	1.00		Chick pea اللوبيا بعين سودا
				Fababean (broad bean) الفول الرومى
0.8	1.10	1.15	0.5	- Fresh الأخضر
0.8	0.30	1.15	0.5	- Dry/Seed الجاف/ بذور
0.8	0.35	1.15	0.4	Grabanzo الحمص

h (m)	Kc_{end} الحصاد	Kc_{mid} تمام النمو	Kc_{ini} بداية النمو	Crop المحصول
0.4	0.60	1.05		Cowpeas لوبيا العلف
0.4	0.60	1.15		Groundnut (Peanut) الفول السوداني
0.5	0.30	1.10		Lentil العدس
				Peas البسلة
0.5	1.10	1.15	0.5	- Fresh الخضراء
0.5	0.30	1.15		- Dry/Seed الجافة / تقاوي
0.5-1.0	0.50	1.15		Soybeans فول الصويا
	0.80	1.00	0.5	f. Perennial Vegetables محاصيل الخضر المعمرة
0.7	0.95	1.00	0.5	Artichokes الخرشوف
0.2-0.8	0.30	0.95	0.5	Asparagus الأسبرجس
0.6-0.8	1.10	1.15	0.60	Mint النعناع
0.2	0.75	0.85	0.40	Strawberries الفراولة (الشليك)
			0.35	g. Fibre Crops محاصيل الألياف
1.2-1.5	0.70	1.15		Cotton القطن
1.2	0.25	1.10		Flax الكتان
	0.35	1.15	0.35	h. Oil Crops المحاصيل الزيتية
0.6	0.35	1.0-1.15		Canola الكانولا
0.8	0.25	1.0-1.15		Safflower القرطم
1.0	0.25	1.10		Sesame السمسم
2.0	0.35	1.0-1.15		Sunflower عباد الشمس

h (m)	$K_{c\ end}$ الحصاد	$K_{c\ mid}$ تمام النمو	Kc_{ini} بداية النمو	Crop المحصول
		1.15		
	0.4	1.15	0.3	i. Cereals محاصيل الحبوب
1	0.25	1.15		Wheat / Barley/ Oats القمح /الشعير / الشوفان
2	0.60-0.35	1.20		Maize الذرة الشامية
1.5	1.05	1.15		Maize, Sweet (sweet corn) الذرة السكرية
				Sorghum الذرة الرفيعة (السورجم)
1-2	0.55	1.00-1.10		- grain حبوب
2-4	1.05	1.20		- sweet علف
1	0.90-0.60	1.20	1.05	Rice الأرز
				j. Forages محاصيل العلف
				Alfalfa Hay البرسيم الحجازي
0.7	0.90	0.95	0.40	- averaged cutting effects متوسط تأثير الحش
0.7	1.15	1.20	0.40	- individual cutting periods الفترات خلال الحشة الواحدة
0.7	0.50	0.50	0.40	- for seed تقاوي
				Clover hay, Berseem البرسيم المصري
0.6	0.85	0.90	0.40	- averaged cutting effects متوسط تأثير الحش
0.6	1.10	1.15	0.40	- individual cutting periods الفترات خلال الحشة الواحدة
				Turf grass نجيل الحدائق (المسطحات الخضراء)
0.10	0.95	0.95	0.90	- cool season الموسم الشتوي

h (m)	$K_{c\ end}$ الحصاد	$K_{c\ mid}$ تمام النمو	Kc_{ini} بداية النمو	Crop المحصول
0.10	0.85	0.85	0.80	- warm season الموسم الصيفى
3	0.75	1.25	0.40	k. Sugar Cane قصب السكر
				l. Tropical Fruits and Trees الفاكهة والأشجار المدارية
				Banana الموز
3	1.00	1.10	0.50	- 1st year السنة الأولى
4	1.10	1.20	1.00	- 2nd year السنة الثانية
3	1.05	1.05	1.00	Cacao الكاكاو
				Coffee القهوة
2-3	0.95	0.95	0.90	- bare ground cover بدون حشائش
2-3	1.10	1.10	1.05	- with weeds وجود حشائش
8	0.95	0.95	0.90	Date Palms نخيل البلح
8	1.00	1.00	0.95	Palm Trees أشجار النخيل
				Tea الشاي
1.5	1.00	1.00	0.95	- non-shaded بدون مظلة
2	1.15	1.15	1.10	- shaded تحت مظلة
				m. Grapes العنب
2	0.45	0.85	0.30	- Table or Raisin عنب المائدة أو الزبيب
				n. Fruit Trees أشجار الفاكهة
5	0.65	0.90	0.40	Almonds, no ground cover لوز بدون حشائش
				Apples, Cherries, Pears تفاح/ كريز/ كمثرى
4	0.75	0.95	0.60	- no ground cover بدون حشائش

h (m)	$K_{c\,end}$ الحصاد	$K_{c\,mid}$ تمام النمو	$K_{c\,ini}$ بداية النمو	Crop المحصول
4	0.85	1.20	0.80	- active ground cover نمو حشائش نشط
				Apricots, Peaches, Stone Fruit / مشمش/خوخ/ فاكهة ذات النواة الحجرية
3	0.65	0.90	0.55	- no ground cover بدون نمو حشائش
3	0.85	1.15	0.80	- active ground cover نموات حشائش نشطة
3	0.75	0.85	0.60	Avocado, no ground cover أفوكادو بدون حشائش
				Citrus, no ground cover موالح بدون حشائش
4	0.70	0.65	0.70	- 70% canopy ٧٠% غطاء نباتي
3	0.65	0.60	0.65	- 50% canopy ٥٠% غطاء نباتي
2	0.55	0.45	0.50	- 20% canopy ٢٠% غطاء نباتي
				Citrus, with active ground cover or weeds موالح تنمو بها حشائش نشطة
4	0.75	0.70	0.75	- 70% canopy ٧٠% غطاء نباتي
3	0.80	0.80	0.80	- 50% canopy ٥٠% غطاء نباتي
2	0.85	0.85	0.85	- 20% canopy ٢٠% غطاء نباتي
3	1.05	1.05	0.40	Kiwi كيوي
3-5	0.70	0.70	0.65	Olives (40 to 60% ground coverage by canopy) زيتون من ٤٠% الي ٦٠% غطاء نباتي

تصحيح معامل المحصول حسب نسبة الغطاء النباتي

أولا : تصحيح معامل المحصول طبقا لنسبة المساحة المظللة في حالة عدم وجود حشائش.

في هذه الحالة يفترض أن معامل المحصول للأرض المكشوفة K_{cmin} = 0.15 وبمعلومية معامل المحصول للأشجار الكاملة النمو والتي تشغل المساحة الكاملة التظليل لها فإنه يمكن إيجاد معامل المحصول المصحح.

مثال : موالح معامل المحصول للأشجار التامة النضج والتي تغطي الأرض تغطية كاملة للمراحل الثلاث كما يلي في جدول (٦-٢) هي

مرحلة بداية النمو k_{cfull} =0.75

لمرحلة ثبات النمو k_{cfull} =0.70

لنهاية مرحلة الحصاد k_{cfull} =0.75

و المطلوب إيجاد معامل المحصول للمراحل الثلاث عند نسبة تغطية ٢٠ %، ٥٠ %، ٧٠ % نلاحظ هنا أن معامل المحصول عند مرحلة ثبات النمو هو أقل معامل محصول ويرجع ذلك إلى تأثير إغلاق الثغرات stomatal closure خلال مرحلة ثبات النمو وهي مرحلة أقصي استهلاك مائي وبالتعويض في معادلة تصحيح معامل المحصول

$$k_c = k_{cmin} + (k_{cfull}-k_{cmin})(GC)^{1/(1+h)}$$

معني جدول ٢ نجد أن عند مساحة مظللة مقدارها ٧٠% أقصى ارتفاع للشجرة ٤ متر وبالتعويض عن هذه القيمة في المعادلة السابقة لمرحلة بداية النمو:

$$k_c = .15 + (.75 - .15)(.7)^{1/(1+4)}$$

$$= .15 + (.6)(.931) = 0.7$$

معامل المحصول لمرحلة ثبات النمو عند مساحة مظلله ٧٠%

$$K_c = .15 + (.7 - .15)(.7)^{1/(1+4)} = .15 + (.55)(.931) = 0.66$$

معامل المحصول لنهاية مرحلة النضج والحصاد عند مساحة مظلله ٧٠%

$$K_c = .15 + (.75 - .15)(.7)^{1/1+4} = .15 + (.6)(.931) = 0.7$$

و عند مساحة مظلله ٥٠% يكون ارتفاع الشجرة ٣ متر ويكون معامل المحصول لمرحلة بداية النمو

$$K_c = .15 + (.75 - .15)(.5)^{1/1+3} = .15 + (.6)(.841) = 0.65$$

معامل المحصول لمرحلة ثبات النمو

$$K_c = .15 + (.7 - .15)(.5)^{1/1+3} = .15 + (.55)(.841) = 0.61$$

معامل المحصول لنهاية مرحلة النضج والحصاد

$$K_c = .15 + (.75 - .15)(.5)^{1/1+3} = .15 + (.6)(.841) = 0.65$$

وعند مساحة مظللة ٢٠% يكون ارتفاع الشجرة ٢ متر ويكون معامل المحصول لمرحلة بداية النمو

$$K_c = .15 + (.75 - .15)(.2)^{1/1+2} = .15 + (.6)(.585) = 0.5$$

و معامل المحصول لمرحلة ثبات النمو

$$kc = .15 + (.7 - .15)(.2)^{1/1+2} = .15 + (.55)(.585) = 0.47$$

ومعامل المحصول لنهاية مرحلة النضج والحصاد

$$kc = .15 + (.75 - .15)(.2)^{1/1+2} = .15 + (.6)(.585) = 0.5$$

و يمكن مقارنة هذه الأرقام المتحصل عليها بالأرقام المعطاة في جدول (٦-٢) للموالح بدون حشائش.

ثانيا : تصحيح معامل المحصول في حالة نمو الحشائش :

في حالة نمو الحشائش بين الأشجار فإنه يفترض أن معامل المحصول للحشائش $K_{c\,cover} = 0.95$ لذلك يصحح معامل المحصول في حالة نمو الحشائش كما يلي $K_c = GC.K_{c\,ngc} + (1 - GC)K_{c\,cover}$

حيث GC نسبة المساحة المظللة

$K_{c\,ngc}$ معامل المحصول في حالة عدم وجود حشائش

$K_{c\,cover}$ معامل المحصول للحشائش ويساوي0.95

ويمكن توضيح طريقة استخدام المعادلة بأخذ مثال الموالح في جدول (٦-٢) لإيجاد معاملات المحصول في حالة نمو الحشائش باستخدام معاملات المحصول في حالة عدم وجود حشائش كما يلي أولا في حالة نسبة المساحة المظللة ٧٠% لمرحلة بداية النمو

$$K_c = (.7)(.7) + (1-.7)(.95) = .49 + .285 = 0.77$$

ويمكن الحصول على نفس النتيجة بطريقة أخري وذلك بالتعويض عن كل من K_{cmin} و $K_{c\,cover}$ بـ ٠,٩٥

$$K_c = K_{cmin} + (K_{c\,full} - K_{cmin})(GC)^{1/1+h} = .95 + (.75 - .95)(.7)^{1/1+4} \quad K_c = 0.95 + (-0.20)(0.931) = 0.76$$

أما معامل المحصول لمرحلة ثبات النمو فيكون

$$K_c = .7(.65) + (1-.7)(.95) = .455 + .285 = 0.74$$

ويمكن الحصول على نفس النتيجة بطريقة أخري كما يلي

$$K_c = .95 + (.7 - .95)(.7)^{1/1+4} = .95 + (-.25)(.931) = 0.71$$

أما معامل المحصول لنهاية مرحلة النضج والحصاد فيكون

$$K_c = .7(.7) + (1-.7)(.95) = .49 + .285 = 0.77$$

ويمكن الحصول على نفس النتيجة بطريقة أخري كما يلي

$$kc = .95 + (.75 - .95)(.7)^{1/1+4} = .95 + (-.2)(.931) = 0.76$$

معامل المحصول للزيتون:

يمكن الحصول على معامل المحصول للزيتون عند النضج بنسبة تغطية نباتية قدرها ٦٠% طبقا لطريقة الفاو وذلك بأخذ القيم التالية لثلاثة مراحل كالآتي

$$K_{cini} = 0.65$$

$$K_{cmid} = 0.45$$

$k_{cend} = 0.65$

على أن تكون مدة مراحل النمو ٢٧٠ يوم ابتداء من شهر مارس إلي نوفمبر موزعة كما يلي

مرحلة بداية النمو = ٣٠ يوم

مرحلة تطور النمو = ٩٠ يوم

مرحلة ثبات النمو = ٦٠ يوم

مرحلة النضج = ٩٠ يوم

على أن يتم أخذ معامل المحصول خارج فترة النمو off season خلال ديسمبر ويناير وفبراير وهي ٩٠ يوم المتبقية من السنة يساوي ٠,٥ وبذلك يكون معامل المحصول للزيتون خلال السنة كما يلي :

الشهر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
معامل المحصول	0.5	0.5	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45	0.45	0.55	0.6	0.65	0.5

و هذا يتفق مع ما توصل إلية Pastor and Orgaz (1994) في أسبانيا ويتفق مع الخبرة الحقلية في مصر.

إيجاد معامل المحصول خلال مراحل نمو المحصول Crop growth stages

عندما ينمو المحصول فإن الغطاء النباتي وارتفاع المحصول والمساحة الورقية تتزايد ونتيجة الاختلافات في البخرنتح للمحصول خلال مراحل النمو المختلفة فإن معامل المحصول سوف يتغير خلال موسم النمو. فموسم نمو المحصول يمكن تقسيمه إلى أربعة مراحل مختلفة للنمو هي مرحلة بداية

النمو، مرحلة تطور النمو، مرحلة ثبات النمو، وأخيرا مرحلة تمام النضج والحصاد.

١- مرحلة بداية النمو Initial stage

تبدأ مرحلة بداية النمو من تاريخ الزراعة حتى وصول الغطاء النباتي (نسبة المساحة الخضراء ground cover) إلى ١٠ % وتعتمد مدة هذه المرحلة على المحصول والصنف crop variety وميعاد الزراعة بالإضافة إلى الظروف الجوية السائدة. وتتحدد نهاية هذه المرحلة بوصول مساحة النباتات الخضراء إلى نسبة ١٠ % من مساحة سطح الأرض. أما بالنسبة للمحاصيل المستديمة فإن ميعاد ظهور الأوراق الجديدة يحل محل ميعاد الزراعة في خلال مرحلة بداية النمو تكون المساحة الورقية صغيرة ونتيجة لذلك فإن الاستهلاك المائي يكون بدرجة كبيرة عبارة عن البخر من سطح التربة. ولذلك فإن معامل المحصول خلال هذه المرحلة يكون كبيراً عندما يكون سطح التربة مبتلاً من الري أو الأمطار ويكون صغيراً عندما يكون سطح التربة جافاً. فالزمن الذي تجف فيه التربة يحدد بالفترة بين الريات وبقيمة جهد البخرنتح ET_0.

حساب معامل المحصول(k_{cini}) خلال مرحلة بداية النمو

معامل المحصول خلال مرحلة بداية النمو في جدول (٦-٢) هو قيمة تقريبية يمكن استخدامها في حالة عدم توافر البيانات الدقيقة. ولحساب معامل المحصول خلال هذه المرحلة بطريقة دقيقة يجب أخذ العوامل الآتية في الاعتبار.

أ- الفترة بين الريات :-

حيث أن استهلاك المحصول من الماء يعتمد أساساً في هذه المرحلة على كمية البخر من سطح التربة لهذا فإن الحساب الدقيق لمعامل المحصول يجب أن يأخذ في الاعتبار الفترة بين الريات أي عدد مرات ابتلال التربة خلال

مرحلة بداية النمو. ففي حالة قصر الفترة بين الريات أي أن عدد مرات ابتلال التربة يكون كبيراً فإن معامل المحصول يكون كبيراً والعكس بالعكس.

ب. جهد البخرنتح ET0 :-

يتأثر معامل المحصول بمعدل البخر الناتج عن تأثير العوامل الجوية أو بمعنى آخر بجهد البخرنتح حيث أنه بزيادة جهد البخرنتح تزيد سرعة وصول سطح التربة إلى حالة الجفاف وذلك خلال الفترة بين الريات.

جـ. عمق ماء الري :-

تعتمد كمية المياه المعرضة للبخر من الطبقة السطحية للتربة على عمق ماء الري أو المطر، وبالتالي يتأثر الزمن اللازم لجفاف سطح التربة، ولهذا يكون معامل المحصول في مرحلة بداية النمو(kcini) أقل في حالة عمق ماء الري القليل عنه في حالة عمق ماء الري الكبير حيث كمية مياه الري المعرضة للبخر تكون كبيرة.

ويتم حساب معامل المحصول لمرحلة بداية النمو(K_{cini}) بالاستعانة بشكل (٦-٣أ) وشكل (٦-٣ب) وذلك بدلالة جهد البخرنتح ET_0 والفترة بين الريات سواء كانت يوم، يومان، أربعة أيام، أسبوع، عشرة أيام، أو عشرين يوما.

وفي حالة عمق ماء الري الخفيف أي حوالي ١٠ مم في الرية الواحدة (سقوط مطر بعمق حوالي ١٠مم) small infiltration depths ~10mm يستخدم الشكل (٦-٣أ) لكل أنواع التربة، أما إذا كان عمق ماء الري أكبر من ٤٠ مم Large infiltration depths >40 mm فإنه يستخدم شكل ٣ب وذلك حسب نوع التربة، فإذا كانت التربة خفيفة القوام coarse textures يستخدم الشكل (٦- ٣ب)، أما إذا كانت التربة متوسطة إلى ثقيلة القوام Fine and medium textures فيستخدم الشكل ٣ب، أما إذا كان عمق ماء الري الصافي يقع بين ١٠ إلى

٤٠ مم Infiltration depths between 10 and 40 mm ، فإن قيمة معامل المحصول في هذه الحالة تحسب بطريقة الاستكمال كالآتي :-

$$K_{cini} = K_{cini(Fig.3a)} + \frac{I-10}{40-10}\left[K_{cini(Fig.3b)} - K_{cini(Fig.3a)}\right]$$

حيث :

$k_{cini\,(Fig.3a)}$: معامل المحصول المتحصل عليه من شكل (٦-٣أ)

$k_{cini\,(Fig.3b)}$: معامل المحصول المتحصل عليه من شكل (٦-٣ب)

I : متوسط عمق ماء الري الصافي (متوسط عمق الماء المتسرب في التربة)، أما رقم ٤٠،١٠ في المعادلة السابقة فيمثل متوسط عمق ماء الري (عمق الماء المتسرب في التربة)بالمم والذي تم على أساسه عمل شكل (٦-٣أ) وشكل (٦-٣ب)

مثال :- تربة متوسطة القوام تروى كل يومين باستخدام ري بالرش المحوري بعمق ماء الري ١٢ مم وكان متوسط جهد البخرنتح ٤ مم/يوم. أوجد معامل المحصول خلال مرحلة بداية النمو.

الحل :- حيث أن عمق ماء الري المضاف يقترب من ١٠ مم نستخدم شكل (٦-٣أ) عند فترة بين الريات =٢ يوم وجهد بخر نتح ٤ مم فنحصل على معامل المحصول. $K_{cini} = 0.85$

وحيث أن الري بالرش يبلل كل سطح التربة أي ابتلال ١٠٠ % من سطح التربة فإن الاستهلاك المائي يحسب كالآتي :-

$$Etc = Kc.\ ET_0 = 0.85\ (4.0) = 3.4\ mm / day$$

مثال :- تربة خفيفة القوام كما هو الحال في منطقة البستان تروى باستخدام الري بالرش النقالي كل أربعة أيام وكان عمق ماء الري المضاف ٢٨ مم

ومتوسط جهد البخرنتح ٥ مم/يوم. أحسب معامل المحصول خلال مرحلة بداية النمو.

الحل : حيث أن عمق ماء الري المضاف يقع بين ١٠ ــ ٤٠ مم وهو ٢٨ مم فيجب إستخدام المعادلة السابقة وذلك بالكشف في الشكل (٦-٣أ) لعمق ماء الري ١٠ مم والشكل (٦-٣ب) للعمق ٤٠ مم وذلك للتربة الخفيفة القوام.

$$k_{cini\ (fig.3a)} = 0.5$$

$$k_{cini\ (fig.3b)} = 0.65$$

ولذلك بالتعويض في المعادلة السابقة بالقيم السابقة عند I=28 mm فإن:

$$k_{cini} = 0.5 + \frac{28-10}{40-10}[0.65-0.5] = 0.59$$

$$ET_c = k_c \cdot ET_o = 0.59 \times 5 = 3 \text{ mm/day}$$

تصحيح معامل المحصول طبقا لنسبة الابتلال لنظام الري :-

حيث أن نظم الري تختلف في نسبة ابتلالها لسطح التربة فإن معامل المحصول يجب تصحيحه طبقا لنسبة ابتلال سطح التربة حيث أن ابتلال سطح التربة في مرحلة بداية النمو هو الذي يحدد كمية الفاقد بالبخر من سطح التربة وبالتالي معامل المحصول خلال مرحلة بداية النمو. فنسبة ابتلال سطح التربة P_w تساوي ٠,٤ في حالة الري بالتنقيط ويمكن الحصول على نسبة الأبتلال من الجدول التالي

نوع نظام الري	ة ابتلال التربة Pw
ري بالتنقيط	٠,٤-٠,٣
ري بالرش	١,٠
مطر	١,٠
ري سطحي (أحواض أو شرائح)	١,٠
ري سطحي بالخطوط الضيقة	١-٠,٦
ري سطحي بالخطوط المتسعة	٠,٦-٠,٤

ولذلك فإذا كانت نسبة الابتلال P_W أقل من الواحد الصحيح فإنه في هذه الحالة يجب ضرب نسبة الابتلال في معامل المحصول k_{cini} المتحصل عليه سواء من جدول (٦-٢) أو الشكل (٦-٣أ) أو الشكل (٦-٣ب) كما يلي :-

$$k_{cini} = P_W . k_{cini\ (Tab.Fig)}$$

حيث P_W :- نسبة ابتلال سطح التربة. و $k_{cini\ (Tab.Fig)}$ قيمة معامل المحصول لمرحلة بداية النمو المتحصل عليه من الجدول أو الشكل. وفي حالة ما إذا كانت نسبة الابتلال تقل عن الواحد فإن عمق ماء الري يجب أن يصحح ليكون عمق ماء الري المضاف للمساحة المبتلة Iw وليس عمق ماء الري للمساحة الكلية I وذلك عند استخدام شكل(٦- ٣أ) أو شكل (٦-٣ب) ما يلي.

$$I_w = \frac{I}{P_w}$$

حيث I_W = عمق ماء الري للجزء المبتل من سطح التربة بالمم.

P_W = نسبة ابتلال سطح التربة بواسطة نظام الري.

I= عمق ماء الري للحقل كله بالمم.

مثال :- يُزرع عنب في منطقة جنوب التحرير على مسافات ٢ ×٣ متر ويخدم الشجرة الواحدة عدد ٢ نقاط. تصرف النقاط الواحد ٤ لتر/ س وكان جهد البخرنتح خلال شهر مارس ٤ مم/ يوم وكان زمن الري اليومي ٢ ساعة ومساحة الابتلال للنقاط الواحد ١,٢ متر مربع والتربة قوامها خفيف.

الحل :

$$\text{نسبة الابتلال} = \frac{\text{مساحة الابتلال للمنقط الواحد} \times \text{عدد النقاطات}}{\text{مساحة الشجرة}}$$

$$0.4 = \frac{2\times 1.2}{3\times 2} =$$

$$\text{عمق ماء الرى المضاف للحقل كله} = \frac{\text{تصرف النقاط} \times \text{عدد النقاطات للشجرة} \times \text{زمن الرى}}{\text{مساحة الشجرة}}$$

$$I = \frac{4\times 2\times 2}{2\times 3} = 2.66\ mm/day$$

عمق ماء الري المضاف للمساحة المبتلة I_w

$$I_w = \frac{I}{P_w} = \frac{2.66}{0.4} = 6.65 mm/day$$

حيث أن عمق ماء الري المضاف أقل من ١٠ مم لذلك نستخدم شكل (٦-٣أ) فعند جهد بخر نتح ٤ مم/يوم وفترة بين الريات تساوي واحد يوم نجد أن

$$k_{cini\ Fig3a} = 1.1$$

ثم نقوم بتصحيح معامل المحصول حسب نسبة الابتلال كالآتي :-

$$k_{cini} = P_w\, k_{cini\ fig} = 0.4(1.1) = 0.44$$

أما قيمة معامل المحصول لمرحلة بداية النمو (بداية موسم النمو أو بداية ظهور الأوراق) وهي ٠,٤٤ تمثل القيمة لمساحة الحقل كله وليس للمساحة المبتلة فقط ولذلك يحسب الاستهلاك المائي كالآتي :

$$ET_C = k_{cini.}\ ET_O = 0.44\ (4) = 1.76\ mm/day$$

ويمكن تحويل عمق ماء الري إلى كمية مياه الري للفدان كالآتي :

$$ET_C = 1.76 \times 4.2 = 7.4\ m^3/fd.day.$$

أي ٧,٤ متر مكعب للفدان في اليوم

ويمكن إيجاد استهلاك الشجرة الواحدة من المياه في اليوم وذلك بضرب المساحة المخصصة للشجرة في الاستهلاك المائي بالمم/يوم كما يلي :

$$ET_{tree} = ET_C \times 3m \times 2m$$

$$= 1.76 \times 3 \times 2 = 10.6\ liter/day.$$

ونلاحظ هنا أن كفاءة إضافة المياه تساوي ٦٦ % تحسب كالآتي :

$$Ea = ET_c/d_g = 1.76/2.66 = 0.66$$

ويمكن رفع الكفاءة إلى ٨٥ % بتخفيض زمن الري اليومي إلى ساعة ونصف بدلا من ساعتين إلا إذا كان من المطلوب إضافة نسبة ٢٠ % احتياجات غسيلية ففي هذه الحالة تصبح كفاءة الري حوالي ٨٠ %.

معامل المحصول لمرحلة ثبات النمو

crop coefficient for the mid-season stage (k_{cmid})

يعطي جدول ٢ معامل المحصول لمرحلة ثبات النمو (k_{cmid}) لمختلف المحاصيل الزراعية تحت ظروف جوية تحت رطوبة subhumid عند متوسط رطوبة نسبية صغرى ٤٥ % (RH_{min} = 45 %) وسرعة رياح هادئة إلى معتدلة تساوى ٢م/ث. حيث أن تأثير الفرق فى خواص حركة الهواء بين سطح الغطاء النباتى القياسى grass reference surface وبين المحاصيل الزراعية ليس من خواص المحصول فقط ولكن يتغير أيضاً بتغير الظروف الجوية وارتفاع المحصول. وعلى ذلك إذا تغيرت الظروف الجوية من رطوبة نسبية صغرى وسرعة رياح عن القيم القياسية المذكورة يجب تصحيح معامل المحصول حسب المعادلة الآتية :

$$k_{cmid} = k_{cmid\ (Tab)} + [0.04\ (U_2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)](h/3)^{0.3}$$

حيث :

$K_{cmid\ (Tab)}$ قيمة معامل المحصول لمرحلة ثبات النمو المتحصل عليها من جدول (٦-٢)

U_2 متوسط سرعة الرياح اليومية عند ارتفاع ٢ متر فوق سطح الأرض (م / ث)

RH_{min} الرطوبة النسبية الصغرى اليومية المتوسطة خلال مرحلة ثبات النمو كنسبة مئوية.

h متوسط ارتفاع النبات خلال مرحلة ثبات النمو بالمتر.

وفى حالة عدم توافر بيانات عن الرطوبة النسبية الصغرى يمكن حسابها من المعادلة الآتية وذلك إذا توافرت بيانات عن متوسط درجة الحرارة القصوى اليومية وكذلك درجة حرارة نقطة الندى T_{dew} وذلك خلال فترة مرحلة ثبات النمو وإذا لم تتوافر بيانات عن درجة حرارة نقطة الندى يمكن أخذ متوسط درجة الحرارة الصغرى اليومية بدلا منها T_{min} كالآتي :

$$RH_{min} = \frac{e^{\circ}(T_{dew})}{e^{\circ}(T_{max})} \times 100 \quad \text{or} \quad RH_{min} = \frac{e^{\circ}(T_{min})}{e^{\circ}(T_{max})} \times 100$$

حيث RH_{min} = متوسط الرطوبة النسبية الصغرى خلال مرحلة ثبات النمو

T_{dew} = درجة حرارة نقطة الندى خلال مرحلة ثبات النمو

T_{min} = متوسط درجة الحرارة الصغرى اليومية خلال مرحلة ثبات النمو

T_{max} = متوسط درجة الحرارة القصوى اليومية خلال مرحلة ثبات النمو

(k_{cend}) = معامل المحصول لنهاية مرحلة النضج والحصاد

Crop coefficient for the end of the late season stage

هذا ويعطى جدول (٦-٢) معامل المحصول لنهاية مرحلة النضج والحصاد k_{cend} لمختلف المحاصيل الزراعية تحت الظروف الجوية القياسية وهى كما

سبق ذكره عند رطوبة نسبية صغرى ٤٥ % وسرعة رياح متوسطة ٢م/ث. أما إذا اختلفت الظروف الجوية خلال مرحلة النضج والحصاد عن ذلك فيجب تصحيح معامل المحصول كما تم ذكره في حالة مرحلة ثبات النمو.

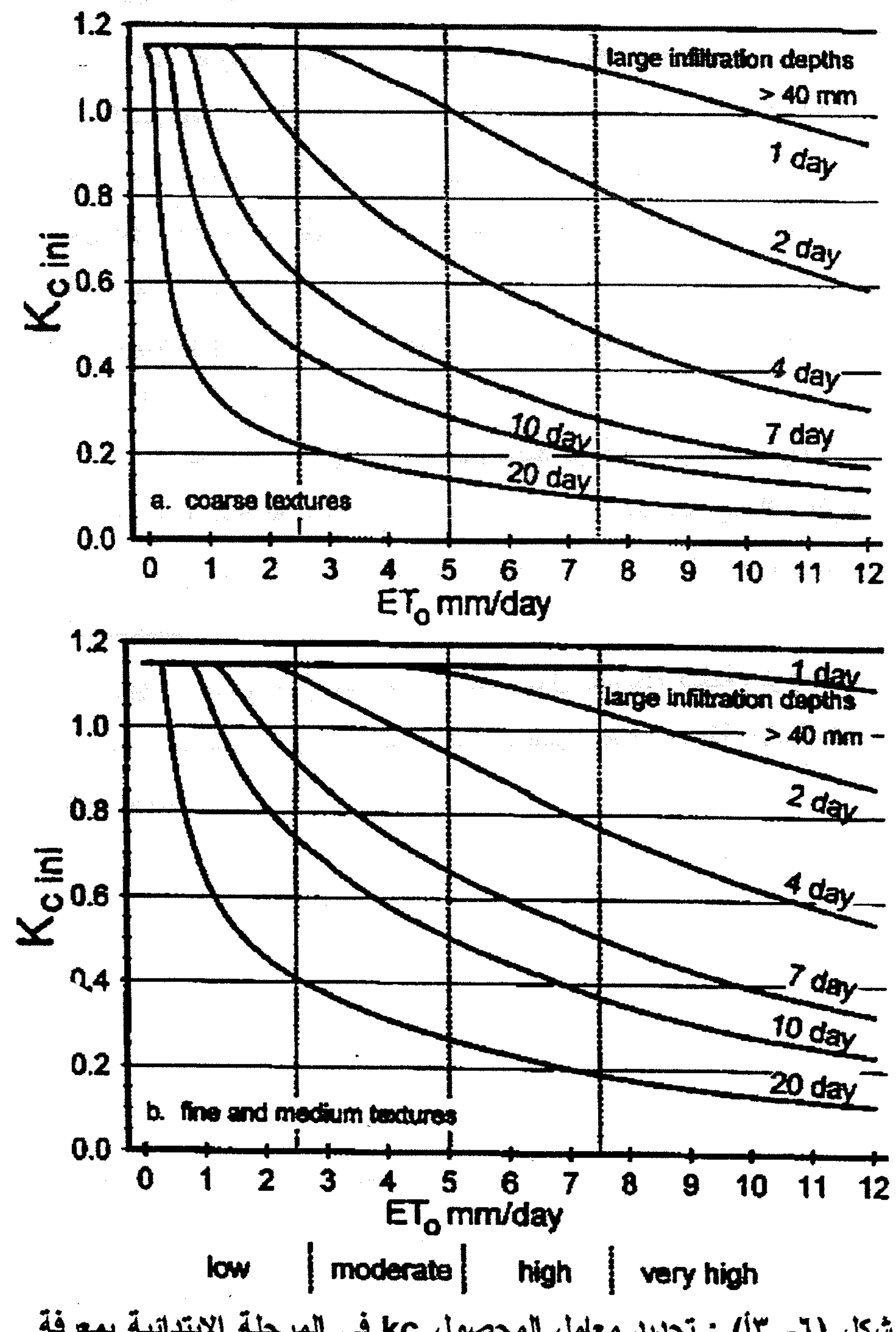
وتتلخص طريقة توقيع منحنى معامل المحصول بطريقة الفاو(منظمة الأغذية والزراعة) فى الآتى:-

١ - عن طريق جدول (٦-١) نحدد طول موسم النمو وعدد الأيام لكل مرحلة من مراحل النمو الأربعة حسب وموعد الزراعة.

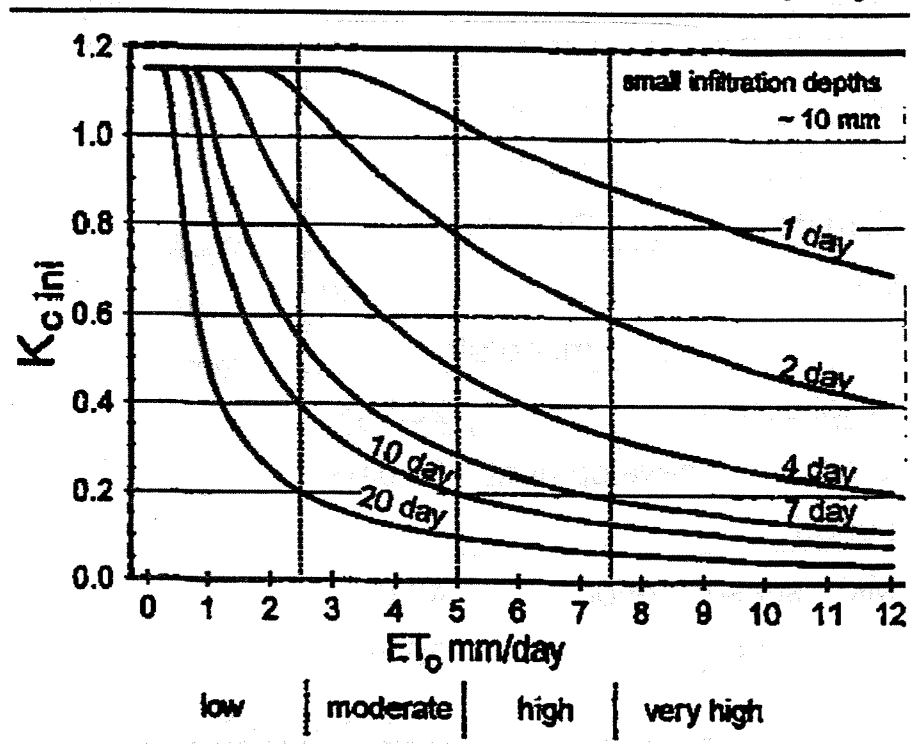
٢ - عن طريق شكل (٦- ٣أ) أو (٦-٣ب) نحدد قيمة معامل المحصول فى المرحلة الابتدائية بمعرفة البخرنتح المطلق أثناء هذه المرحلة وكذلك الفترة بين الريات (k_{ci}) وهذا المعامل يعتمد على البخر من سطح التربة فقط وليس استهلاك المحصول.

٣ - عن طريق جدول (٦-٢) نحدد معامل المحصول للمرحلة الثالثة والرابعة.

٤ - معامل المحصول فى المرحلة الثانية نحصل عليه بطريقة الاستكمال interpolation .



شكل (٦- ٣أ) : تحديد معامل المحصول kc فى المرحلة الابتدائية بمعرفة البخرنتح المطلق Eto والفترة بين الريات فى تربة ذات معدل تسرب عالى.



شكل (٦-٣ب) : تحديد معامل المحصول kc فى المرحلة الابتدائية بمعرفة البخرنتح المطلق Eto والفترة بين الريات فى تربة ذات معدل تسرب منخفض. (المصدر : FAO Paper No. 56).

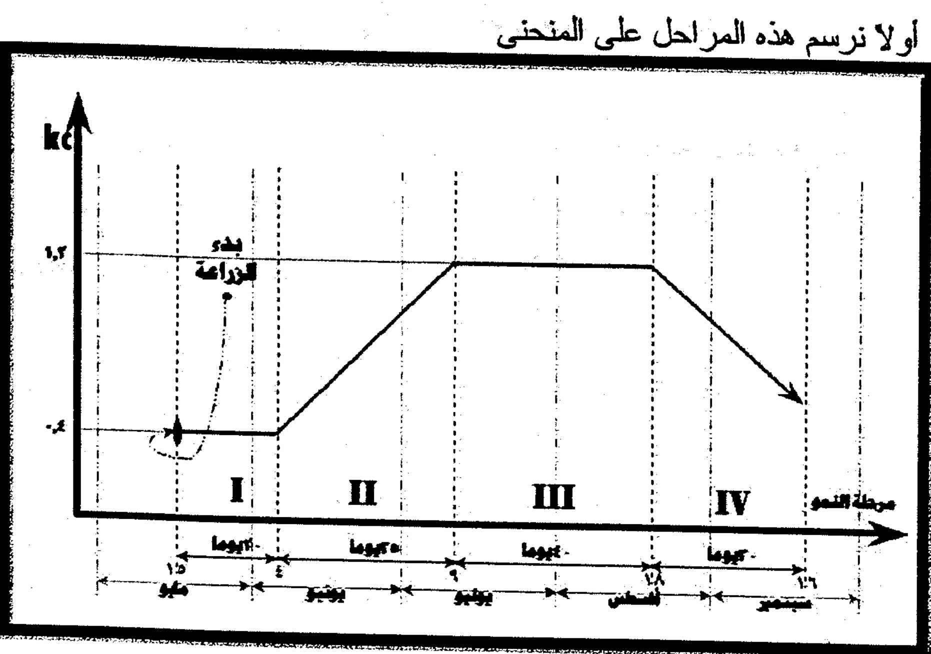
مثال : أحسب معامل المحصول kc لمحصول الذرة لمنطقة القاهرة إذا علمت أن تاريخ الزراعة ١٥ مايو.

الحل : من جدول رقم ٨ تحدد طول موسم النمو وعدد الأيام لكل مرحلة نمو فيكون كما يلى:

Crop	Maize
ET $_{\text{initial stage}}$	8.4 mm/d
Climate	Dry
Wind	Light to moderate

Initial period	20days
Crop development period	35 days
Mid - season period	40 days
Late season period	30 days

أولا نرسم هذه المراحل على المنحنى



من الشكل (٦-٣) معامل المحصول فى المرحلة الابتدائية بمعلومية أن الفترة بين الريات ٧ أيام ومعدل البخرنتح ٨,٤ مم / يوم. باستخدام جدول (٦-٢) وذلك عند رطوبة نسبية صغرى منخفضة وسرعة رياح خفيفة إلى متوسطة

kc mid = 1.15 — RH_{min} is low

kc late = 0.6 — Wind is light to moderate

Month	ET_o (mm / d)
May	8.4
June	9.6
July	8.3
August	7.4
September	6.0

Crop growth period	Number of days	Dates
Initial	20	15 May - 3 June
crop development	35	4 June - 8 July
Mid - season	40	9 July - 17 August
Late season	30	18 August – 16 September

$$K_{c\ May} = 0.35$$

$$K_{c\ 30\ June} = 0.35 + \frac{27}{35}(1.15 - 0.35) = 0.97$$

$$K_{c\ June} = \frac{3}{30}(0.35) + \frac{27}{30}\left(\frac{0.97 + 0.35}{2}\right) = 0.63$$

$$K_{c\ July} = \frac{8}{31}\left(\frac{0.97 + 1.15}{2}\right) + \frac{23}{31}(1.15) = 1.13$$

$$D_{c\ 31\ Aug.} = 1.15 - \frac{14}{30}(1.15 - 0.6) = 0.89$$

$$K_{c\ August} = 1.15\ \frac{17}{31} + \frac{14}{31}\left(\frac{1.15 + 0.89}{2}\right) = 1.9$$

$$K_{c\ Sept} = \frac{0.89 + 0.6}{2} = 0.75$$

ثم نقوم بحساب الاستهلاك المائى لأشهر النمو بدلالة معامل المحصول كما يلى:

Month	Et_o (mm / d)	kc	Et_c (mm / d)	No of Crop days	Et_c mm
May	8.4	0.35	2.9	17	49
June	9.6	0.63	6.0	30	180
July	8.3	1.13	9.4	31	291
August	7.4	1.09	8.1	31	251
Sept.	6.0	0.75	4.5	16	72
Total				125	843

تصحيح معامل المحصول فى حالة تغطية سطح الأرض بالبلاستيك Plastic mulches

قد يغطى سطح الأرض بالبلاستيك plastic sheets فى حالة زراعة الخضراوات للأسباب الآتية:

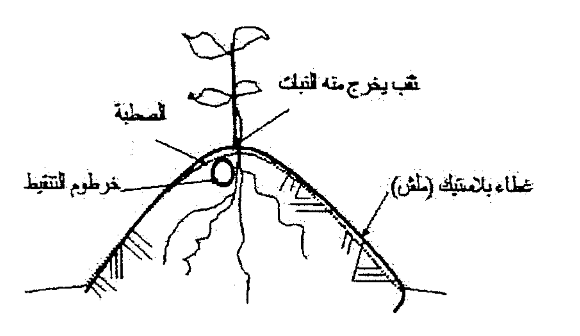
١- تقليل الفاقد بالبخر evaporation losses.

٢- زيادة معدل نمو المحصول والإنتاجية فى الأجواء الباردة بزيادة درجة حرارة التربة.

٣- المساعدة فى القضاء على الحشائش weed control.

والغطاء البلاستيك بصفة عامة عبارة عن غطاء رقيق السمك من البولى إيثيلين يوضع فوق سطح الأرض بطول صف النباتات. ويتم عمل ثقب فى فيلم البلاستيك عند كل نبات على مسافات تساوى المسافة بين النباتات وذلك للسماح بخروج المجموع الخضرى منه. وقد يكون الغطاء البلاستيك ذات لون أسود أو شفاف. فاللون يؤثر أساسا على معامل انعكاس الأشعة albedo خلال المراحل الأولى لنمو المحصول. ولكن بالنسبة لتأثير التغطية بالبلاستيك على معامل المحصول لا يتم التفرقة بين اللون الشفاف أو اللون الأسود. فالتغطية بالبلاستيك تقلل البخر من سطح التربة بالأخص تحت نظام الرى بالتنقيط وتزيد من نتح المجموع الخضرى

بسبب زيادة انتقال الحرارة سواء المحسوسة أو المشعة من سطح الغطاء البلاستيك إلى المجموع الخضرى المجاور. وعلى الرغم من أن النتح يزيد عند استخدام الغطاء البلاستيك بنسبة ١٠ إلى ٣٠% خلال الموسم بالمقارنة بقيمته عند عدم استخدام الغطاء البلاستيك فإن قيمة معامل المحصول K_c تقل بنسبة من ١٠ إلى ٣٠% نتيجة تقليل البخر من سطح التربة بنسبة ٥٠ إلى ٨٠%



ويمكن تلخيص تأثير استخدام تغطية سطح الأرض بالبلاستيك على معامل المحصول كما يلى:

١- تبلغ قيمة معامل المحصول فى المرحلة الابتدائية ٠,١ ($K_{cini} = 0.1$)

٢- تخفيض قيمة معامل المحصول فى مرحلة تمام النمو ومرحلة الحصاد بنسبة تتراوح بين ١٠ إلى ٣٠% K_{cmid} and K_{cend}

على الرغم من أن تأثير الغطاء البلاستيك على معامل المحصول لا يتأثر بلون الغطاء إلا أن الغطاء الأسود يمتاز عن الغطاء الشفاف فى أنه يمنع نفاذ الضوء وبالتالى يمنع نمو الحشائش.

٧

الاحتياجات المائية للمحاصيل

Crop Water Requirements

مما سبق يتضح أن الاستهلاك المائى هو عبارة عن مجمل البخرنتح وهو يعتمد على عوامل خاصة بالمناخ (درجة الحرارة والرطوبة والرياح والإشعاع الشمسى) وعوامل خاصة بالمحصول مثل نوعه ومرحلة نموه.

تنقسم طرق تقدير الاستهلاك المائى إلى طرق حسابية تعتمد على بيانات الأرصاد الجوية واستخدام المعادلات وقد تم تناولها في الفصل الخامس وطرق القياس المباشر للاستهلاك المائى مثل الاتزان المائى واستعمال الليسيمترات.

أولا : الطرق الحسابية باستخدام بيانات الأرصاد الجوية

تعتمد الطرق الحسابية على استخدام بيانات الأرصاد الجوية في حساب تأثير العوامل المناخية على الاستهلاك المائي ثم معامل المحصول الذي يعتمد على نوع المحصول ومرحلة نموه وذلك بتطبيق المعادلة الآتية:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

حيث ET_c الاستهلاك المائي للمحصول (مجمل البخر نتح للمحصول)

K_c معامل المحصول يعتمد على نوع المحصول ومرحلة نموه

ET_o جهد البخر نتح Reference evapotranspiration أو البخر نتح المطلق

ويعرف جهد البخر نتح بأنه معدل البخر نتح من سطح نباتي أخضر متجانس عند ارتفاع ٨ إلى١٥ سم فى حالة نمو نشط ويغطى سطح التربة تماماً تحت ظروف لا ينقصها الماء. ويستخدم لحساب جهد البخر نتح معادلات وطرق عديدة تُستَخدِم بيانات الأرصاد الجوية المختلفة وقد تم تناول هذه الطرق بالتفصيل في الفصل السابق.

ثانياً : طرق القياس المباشر :

١ ـ طريقة الرطوبة المستنفذة Soil Water Depletion

يمكن قياس الاستهلاك المائي للمحصول تحت الظروف الحقلية عن طريق قياس التغير فى رطوبة التربة وذلك عبر أوقات مختلفة على مدى موسم النمو قبل وبعد عملية الرى. وهذه الطريقة استخدمت عبر قرن من الزمان في الولايات المتحدة وذلك بأخذ عينات من طبقات التربة في منطقة انتشار الجذور وتقدير رطوبتها بالطرق الوزنية يستخدم الآن طرق مباشرة لقياس رطوبة التربة مثل طريقة النيترون (Neutron Soil Water probe)ومن عيوب هذه الطريقة أنها لا تأخذ في حسابها كمية المياه المفقودة من الطبقة المطلوب تقدير رطوبتها سواء بتسرب الرطوبة إلى أسفل أو بتحركها إلى أعلى ويتم أخذ عينات التربة بعد الري بيوم أو يومين تقريباً وقبل الري مباشرة. وبذلك يكون الاستهلاك المائي المتوسط ET_c بالمم / يوم في خلال الفترة بين أخذ عينتين Δt يوم يمكن حساب كالآتي:-

$$ET_c = \frac{Wet}{\Delta t} = \frac{\sum_{i=1}^{nr} (\theta_1 - \theta_2)\, \Delta S_i + P_e - W_d}{\Delta t}$$

حيث n_r عدد طبقات التربة حتى الوصول إلى العمق الفعال للجذور

ΔS_i سمك الطبقة رقم i (مم)

θ_1 , θ_2 المحتوى الرطوبى على أساس حجمى للطبقة عند بداية ونهاية فترة أخذ العينـات (م٣/ م٣)

P_e عمق المطر الفعال الذي يصل للتربة (مم)

W_d عمق الماء المنصرف من العمق الفعال لمنطقة الجذور (مم)

Δt الفترة بين أخذ العينات باليوم.

Wet الاستهلاك المائى خلال الفترة Δt

وتصلح هذه الطريقة فى المناطق التي تكون فيها التربة متجانسة ومستوى الماء الأرضى بعيد بحيث لا يؤثر على رطوبة التربة فى منطقة الجذور.

مثال : تربة المحتوى الرطوبى بها بعد عملية الري ٩,٢٥% (السعة الحقلية وهى الرطوبة بعد ٢٤ ساعة من عملية الري)وكثافتها الظاهرية ١,٦ جم/سم٣ . احسب الاستهلاك المائي اليومي للمحصول النامي بها في فترة ما بين موسم النمو إذا علمت أن الفترة المذكورة من موسم النمو هي ستة أيام وأن نسبة الرطوبة في الطبقات المتتالية بمجال الجذور بعد الفترة المذكورة من النمو هي ٣,٢٥% في عمق صفر ـ ١٥ سم،٤,٢٥% في عمق ١٥ ـ ٣٠ سم،٥,٢٥% في العمق ٣٠ ـ ٦٠ سم.

الحل: استهلاك المحصول من الماء فى العمق صفر إلى ١٥ سم :

= (٩,٢٥-٣,٢٥)× ١,٦ × ١٥٠/١٠٠ = ١٤,٤ مم

استهلاك المحصول من الماء فى العمق ١٥ إلى ٣٠ سم:

= (٩,٢٥-٤,٥٠)× ١,٦ × ١٥٠/١٠٠ = ١٢ مم

استهلاك المحصول من الماء فى العمق ٣٠ إلى ٦٠ سم:

= (٩,٢٥-٥,٢٥)× ١,٦ × ٣٠٠/١٠٠ = ١٩,٢ مم

وعلى ذلك فإن الاستهلاك المائى للمحصول لفترة ٦ أيام:

= ١٤,٤ + ١٢ + ١٩,٢ = ٤٥,٦ مم

ويكون الاستهلاك المائى اليومى =٤٥,٦/٦ = ٧,٦ مم/يوم

ويكون الاستهلاك المائى لمساحة ١ فدان لعمق ٦٠سم:

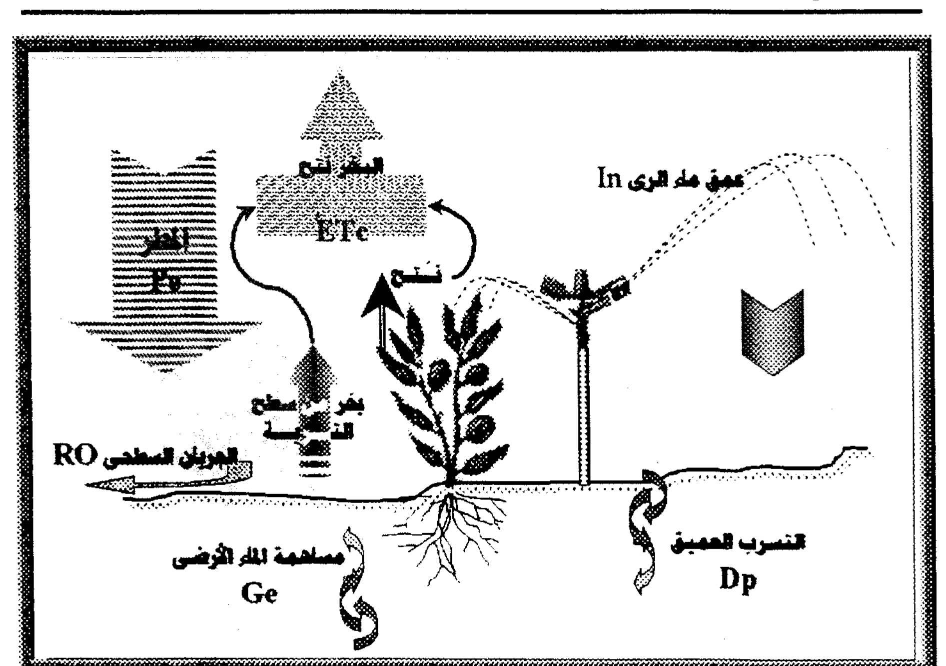
=(٧,٦/١٠٠٠) × ٤٢٠٠ = ٣١,٩ م^{٣}/فدان/يوم

الاستهلاك المائي لمساحة ١ هكتار لعمق ٦٠ سم:

=(٧,٦/١٠٠٠) × ١٠٠٠٠ = ٧٦ م^{٣}/هكتار/يوم

٢ ـ الاتزان المائي Water Balance

تعتمد هذه الطريقة على حساب الماء الكلى المضاف والماء الكلى المفقود وذلك لمساحة حقلية كبيرة مثل حقل منزرع أو وادى وهى تشابه طريقة الليسيميتر الذى لا يستخدم الوزن وتنص هذه الطريقة على أن التغير فى المحتوى الرطوبى خلال فترة معينة يساوى الفرق بين كميات الماء المضافة وكميات المياه المفقودة ويمكن التعبير عن هذا التوازن المائي كما يلى:-



$$I_n + P + G_e) - (ET_c + D_p)$$

$$ET = I_n + P_e + G_e - D_p + \Delta W$$

حيث ΔW التغير في الرطوبة الأرضية لمساحة معينة خلال فترة معينة

D_p التسرب العميق تحت منطقة الجذور

I_n عمق ماء الري الصافي ويعنى كمية المياه المضافة مطروحا منها الفواقد مثل الجريان السطحى والماء المتساقط على النباتات والذى لا يصل إلى التربة.

P_e عمق المطر الفعال الذي يصل إلى سطح التربة.

G_e مساهمة الماء الأرضي عن طريق السريان إلى أعلى.

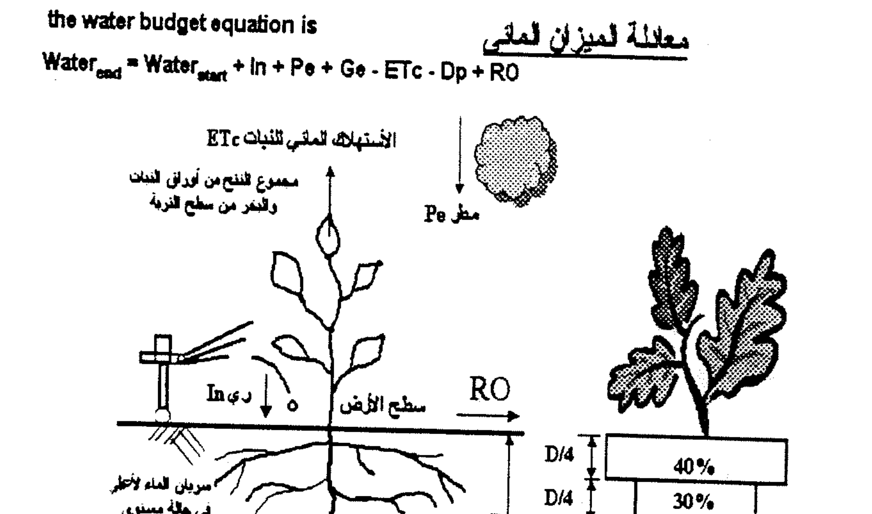
Et_c الاستهلاك المائي خلال فترة معينة (فترة القياس).

يلاحظ أن هذه الطريقة لا يجب استخدامها لقياس الاستهلاك المائى لفترات قصيرة short - term خلال موسم النمو للمحصول.

معادلة الميزان المائى

the water budget equation is

$$Water_{end} = Water_{start} + In + Pe + Ge - ETc - Dp + RO$$



احتياجات الري الصافية (In)Net Irrigation Requirements

وقد يطلق عليها أيضا المقنن المائي النظري Water Duty. واحتياجات الري الصافية غالبا ما يعبر عنها بوحدات العمق للماء (مم) ولكن المقنن المائى النظرى أو الحقلى غالبا يعبر عنه بالمتر مكعب للفدان (أو للهكتار) فى اليوم، أى بوحدات (التصرف لوحدة المساحة). كذلك احتياجات الري الصافية يمكن التعبير عنها أيضا بالمم / يوم كما سبق بيانه.

الأحتياجات المائية للمحصول Crop water requirements هي نفسها الأستهلاك المائي أو البخر نتح للمحصول Crop evapotranspiration

أما أحتياجات الري المائية Irrigation water requirements فهي عبارة عن البخر نتح للمحصول مطروحا منه كمية المطر الفعال ومضافا اليه الأحتياجات الغسيلية وفواقد إضافة المياه الناتجة عن عدم أنتظام توزيع المياه.

Crop water requirements = Crop evapotranspiration

Irrigation water requirements = Crop water requirements

- Effictive rain + Leaching

+ Loss due to non-uniformity of water application

ومصطلح المقنن المائي يستعمل أساساً في توزيع مياه الري على الترع المختلفة وفى الرى السطحى غالباً؛ بينما فى نظم الرى المتطور غالباً ما يستخدم تعبير "احتياجات الرى الصافية" (مم/ يوم) وعلى كل يجب التعامل مع التعبيرين ومعرفة مدلول كل منهما.

احتياجات الري الصافية (I_n) يمكن التعبير عنها بالآتي:

$$I_n = ET_c - (P_e + G_e + W_b)$$

حيث

P_e عمق المطر الفعال. وبوجه عام يمكن القول بأن عمق المطر الفعال يساوى ٧٠% عن عمق المطر المتساقط حيث أنه ليس كل كمية المطر المتساقطة تصل إلى منطقة الجذور فجزء منها يفقد بالبخر والجريان السطحى والتسرب العميق.

G_e مساهمة المياه الأرضية فى الاستهلاك الماء بالتحرك إلى أعلى لتصل منطقة الجذور

W_b مساهمة الرطوبة الأرضية المختزنة في الاستهلاك المائي.

I_n عمق ماء الري الصافي الذي يصل إلى منطقة الجذور.

ET_c الاستهلاك المائي

وعلى ذلك يكون المقنن المائى water or irrigation duty من الوجهة النظرية هو عبارة عن القدر المحسوب من المياه الذى يلزم لرى الفدان الواحد فى فترة معينة من الزمن لنمو المحصول. والمقنن المائي من ناحية توزيع المياه على الترع يطلق عليه مقنن الحقل وهو كمية المياه التي تعطى فعلاً للفدان الواحد في اليوم الواحد من أيام العمالة أو خلال الرية الواحدة بوحدات (م^3/فدان/رية أو م^3/فدان/يوم).

احتياجات الري Irrigation Requirements V

احتياجات الري - Irrigation supply requirements Project water duties يزيد عن الاحتياجات المائية الصافية بمقدار الاحتياجات الغسيلية Leaching requirement (LR) لمنع تراكم الأملاح فى منطقة الجذور بالإضافة إلى فواقد المياه خلال النقل والإضافة حيث لا يوجد نظام رى كفاءته ١٠٠% وتحسب احتياجات الرى من المعادلة الآتية

$$V = \frac{I_n}{E_i\ (1 - LR)}$$

حيث E_i: كفاءة الري الكلية Overall irrigation efficiency

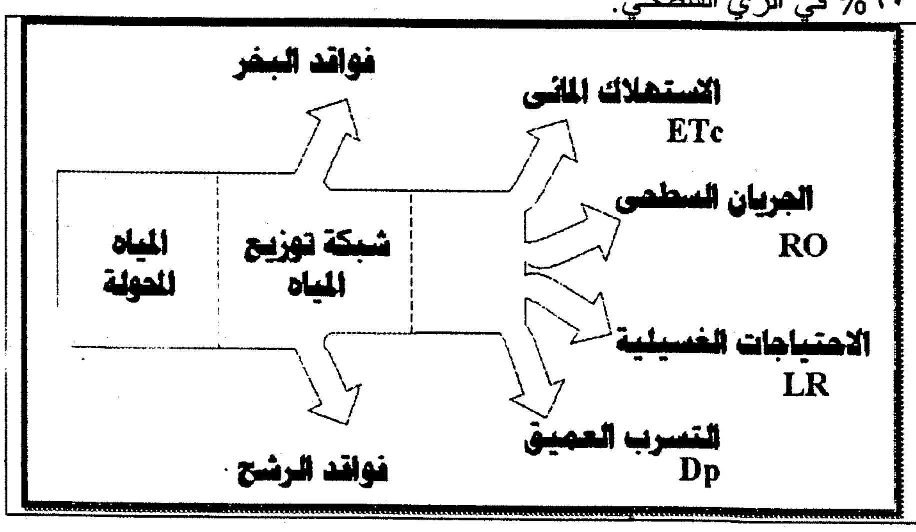
ومن الجدير بالذكر أن المحصول قد يحتاج إلى إضافة مياه تزيد عن الاستهلاك المائى للمحصول وتعد من الاحتياجات النافعة beneficial uses، مثل إضافة المياه بغرض الحصول على إنبات جيد أو المساعدة فى الإنبات كذلك مقاومة الصقيع وإضافة الكيماويات أو الأسمدة وترطيب الجو وهذه الكميات من المياه تدخل ضمن الاحتياجات المائية الصافية I_n.

كفاءة الري Irrigation Efficiency (Ei)

وتشمل كفاءة الري الكلية كفاءة نقل المياه وكفاءة إضافة المياه حيث تؤخذ كفاءة نقل المياه conveyance efficiency(E_c) عادة ٩٠% وهى

تساوى ناتج قسمة (كمية المياه التى تصل إلى الحقل)/ (كمية المياه المحولة من المصدر). أما كفاءة إضافة المياه E_a Irrigation application efficiency فتساوى ناتج قسمة (كمية المياه التي تصل منطقة الجذور ويستفيد منها المحصول)/(كمية المياه التي تصل للحقل).

يتضح من هذا أن كفاءة إضافة المياه تعتمد على نوع نظام الري فهي تساوى حوالي ٨٥-٩٠% في الري بالتنقيط، ٧٠-٧٥% في الري بالرش، ٥٠-٦٠% في الري السطحي.



رسم تخطيطي يوضح كفاءات الري المختلفة

dr عمق ماء الري المحول من الترعة أو مصدر المياه	كفاءة نقل المياه
dg عمق ماء الري الأجمالي المضاف للحقل	$E_c = dg / dr$
dn عمق ماء الري الصافى	كفاءة اضافة المياه
ds عمق ماء الري المخزن فى منطقة الجذور	$E_a = dn / dg$
Dp عمق ماء التسرب العميق تحت منطقة الجذور	كفاءة تخزين المياه
RO عمق ماء الجريان أو الفائض السطحي	$E_s = ds / dn$

٣ ـ الليسيمترات Lysimeters

الليسيميتر عبارة عن تنك (حاجز محكم) فى الأرض أو وعاء كبير مملوء بالتربة ينمو به المحصول تحت الظروف الطبيعية لقياس كمية المياه المفقودة عن طريق البخر والنتح. وهذه الطريقة تعطى قياسات مباشرة للاستهلاك المائي للمحصول وتستخدم في تقييم الطرق المختلفة لحساب الاستهلاك المائي ويجب أن تكون حالة التربة داخل الحِجْر هي نفس حالتها فى الحقل. كما يجب أن يحاط الليسيميتر بنفس المحصول المنزرع داخله. ويجب وضع الليسيمترات بعيداً عن حدود الحقل بمسافة لا تقل عن ١٠٠ متر.

يتم تحديد الاستهلاك المائي للمحصول داخل الليسيميتر Et_c عن طريق المعادلة الآتية :

$$Et_c = P_e + I_n - D_p \pm \Delta W$$

حيث أن عمق الأمطار المتساقطة P_e وعمق ماء الرى المضاف I_n يمكن قياسه مباشرة وفى كل نوع من الليسيمترات توجد طريقة معينة لقياس عمق ماء التسرب العميق D_p أو الماء المنصرف، حيث يتم تجميع الماء المتسرب إلى قاع الليسيمتر وقياسه. أما التغير في المحتوى الرطوبى للتربة داخل الليسيمتر ΔW (وهو الماء الذي يستنفده النبات من الماء المختزن في التربة عن طريق البخر نتح) فليس من السهل قياسه. ففي حالة الليسيمترات الوزنية مثلا فإن التغير في وزن الليسيمتر يعطى القياس المباشر للتغير في المحتوى الرطوبى للتربة (ΔW). أما في حالة الليسيمترات التي لا تستخدم الوزن وتسمى الليسيمترات الحجمية فإن التغير في المحتوى الرطوبى يتم تحديده عن طريق تقدير نسبة الرطوبة باستخدام طريق جهاز النيترون (Neutron Probes). وفى معظم الحالات يتم حساب الاستهلاك المائى عن طريق معادلة الاتزان المائى السابقة بعد عملية الري أو الأمطار وبعد أن يتم صرف الماء الحر بالجاذبية إلى أسفل. معنى هذا أن رطوبة التربة تصل إلى السعة الحقلية في كل مرة يتم فيها الري والتطبيق في المعادلة أي أن الاتزان يتم عند رطوبة ثابتة وهى السعة الحقلية، وهذا يعنى أن $\Delta W = 0$ بمعنى أن فى كل مرة يتم فيها الرى يتم تعويض رطوبة التربة المستنفدة بالاستهلاك المائى وعلى ذلك تصبح المعادلة المستخدمة في الليسيمتر الحجمى الذي يعمل عن طريق قياس التسرب العميق هي :

$$D_p - I_n + P_e = Et_c$$

وهذا يعنى أن القيمة المتحصل عليها من المعادلة للاستهلاك المائى Et_c هي القيمة المتوسطة خلال الفترة بين الريات أو بمعنى آخر بين عمليتي قياس التسرب العميق Dp.

ويمكن تقسيم الليسيمترات إلى ثلاثة مجموعات رئيسية كما يلي:

أ - ليسيمتر ذات مستوى ماء أرضى ثابت Non weighing, constant water table type

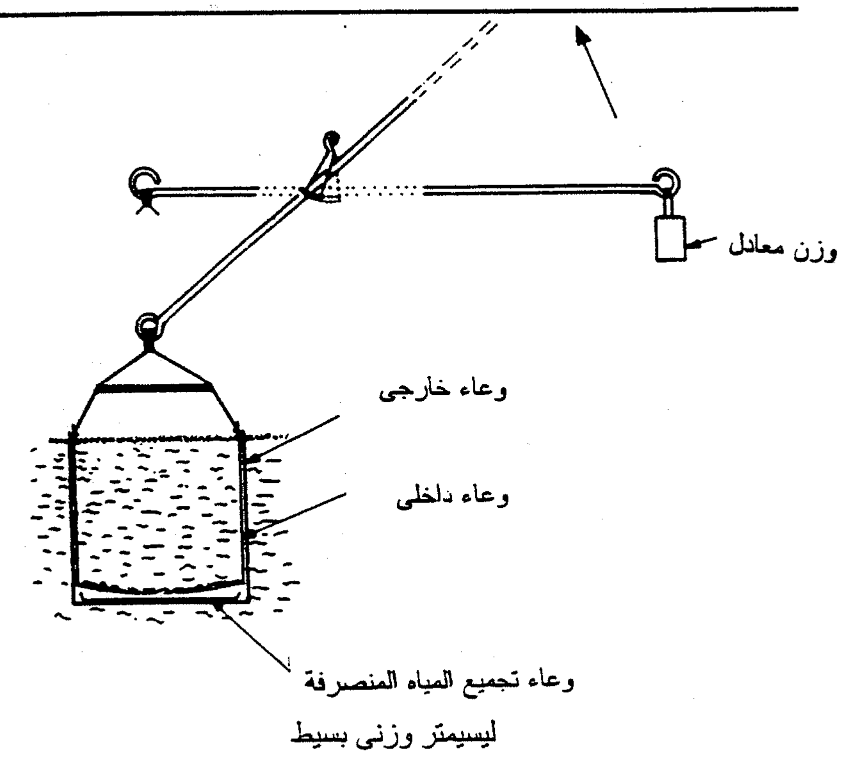
وتستخدم في المناطق التي يوجد بها ماء أرضى مرتفع، وفى هذه الطريقة يتم تقدير كميات الماء اللازمة لحفظ مستوى الماء الأرض بالخزان عند مستوى معين (مستوى الماء الأرضى خارج الليسيميتر). وعندما ينخفض هذا المستوى نتيجة للاستهلاك المائى للمحصول النامي، تضاف كميات من المياه لتعويض هذا الانخفاض، ومن ثم معرفة الاستهلاك المائى.

ب - ليسيمتر التسرب العميق Non weighing, percolation type

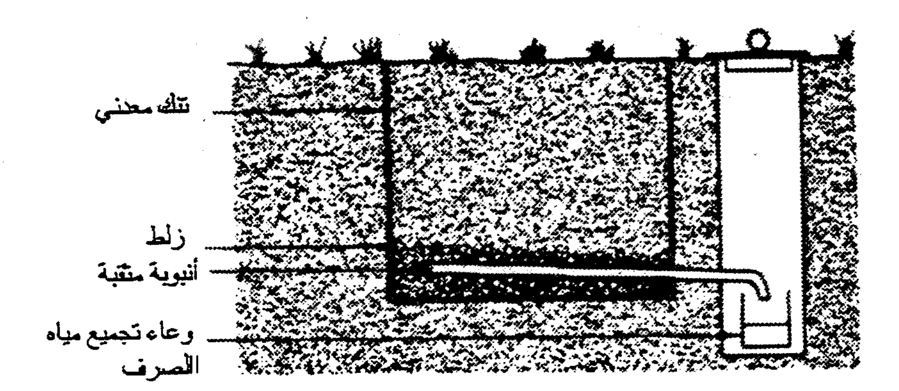
وفيه يتم تقدير الرطوبة دورياً داخل الليسيميتر أثناء نمو النبات ثم تحسب الكميات اللازمة لتعويض الفقد فى الرطوبة المذكورة. ويتم قياس الرطوبة على الأعماق المختلفة بواسطة طريقة النيترون وهذه الطريقة تستخدم في المناطق المرتفعة الأمطار.

جـ - الليسيميتر الوزنى Weighing type

وفيه يتم وزن الليسيميتر دورياً وحساب كميات الماء اللازمة لتعويض النقص المستمر فى الوزن نتيجة الاستهلاك المائى للمحصول. وهذه الطريقة هي من أدق الطرق ولكنها مكلفة حيث يتم وزن الليسيميتر كليه بميزان ميكانيكي أو هيدروليكياً أو باستخدام كفة معادلة Counterbalanced scale ويمكن قياس الاستهلاك المائى بدقة خلال فترات قصيرة تصل إلى ساعة عند استخدام الميزان الميكانيكى أو استخدام نظام خلايا الأحمال Load cell systems



ليسيمتر وزنى بسيط



Drainage Lysimeter ليسميتر حجمي

عملية احتراق الاوراق لا تشكل مشكله. أضافة مياه الرى على فترات متقاربه فى الرى بالتنقيط تخفض تركيز الاملاح فى التربه بصفه مستمره . وهكذا فان الرى بالتنقيط يسمح باستخدام مياه مالحه دون حدوث اثار عكسيه .

١١-ترشيد أستخدام الطاقة. ويتم توفير الطاقه فى الرى بالتنقيط بطريقتين . أولهما عند مقارنته بالرى بالرش فان ضغط التشغيل يقل بدرجه كبيره من ٣ جوى الى ١ جوى ، وبالتالى التوفير فىالقدرة اللازمة لضخ المياه . وثانيهما التوفير فى مياه الرى المضافه و بالتالى انخفاض الطاقه المستهلكه.

١٢-زيادة أنتاجية المحصول. يزداد نمو المحاصيل اذا كانت الرطوبه فى التربه تقترب من السعه الحقليه حيث لا يبذل المحصول جهدا كبيرا فى الحصول على المياه . و هذا يحدث فى الرى بالتنقيط و ذلك لان الرى يتم على فترات متقاربه وبكميات بسيطه بعكس الطرق الاخرى للرى و التى يتم فيها الرى على فترات متباعده و بكميات كبيره .

١٣-تحسين جودة المحصول.

١٤-انخفاض تكاليف العمالة. ان اضافه المياه بمعدل منخفض فى الرى بالتنقيط يمكن من رى مساحه كبيره فى نفس الوقت باستخدام نفس المضخه و هذا يقلل من العماله المستخدمه حيث ان العماله تستخدم فقط فى فتح وغلق المحابس للقطع المختلفه المطلوب ريها . ولهذا فان التشغيل الذاتى لنظام الرى بالتنقيط يعتبر غير مكلف حيث يقوم مؤقت زمنى Timer بعملية فتح وغلق المحابس . و يؤدى الرى بالتنقيط الى اختصار العمليات الزراعية مثل مقاومة الحشائش و اضافة الاسمدة بالاضافة الى سهولة عملية الحصاد لمحصول منتظم النمو.

عيوب الرى بالتنقيط:

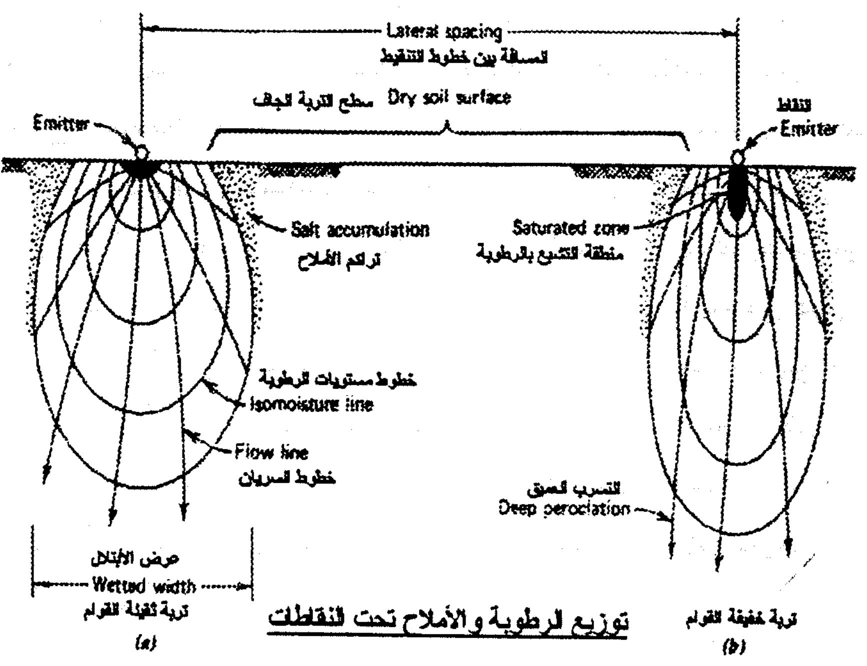
١- انسداد المنقطات

إن المشكلة التى تواجه مستخدم نظام الرى بالتنقيط هو انسداد المنقطات Emitter clogging حيث أن المياه تسير فى مسارات ضيقة داخل المنقطات بالإضافة الى صغر فتحة خروج المياه من المنقط والتى من السهل انسدادها بجزيئات المواد المعدنية أو العضوية . وهذا الانسداد يخفض معدل خروج المياه من المنقط وبذلك يقلل من انتظام توزيع المياه مما يسبب فى حدوث اجهاد وضرر للنباتات. ففى بعض الحالات فإن الشوائب توجد فى مياه الرى وقد لا ترشح جيدا فى محطة الفلاتر. بالإضافة الى أنه قد يحدث كسر فى الخطوط الرئيسية أو الفرعية مما يسبب دخول مواد غريبة فى خطوط الأنابيب وبالتالى فى المنقطات وفى حالات أخرى فإن هذه الجزيئات قد تتكون فى المياه داخل الخطوط او عندما تتبخر من فتحات المنقطات فى أثناء الفترة بين الريات. فأكسيد الحديد وكربونات الكالسيوم و الطحالب والعوالق البكتيرية من الممكن أن تتكون فى شبكة الرى بالتنقيط فى مواقع معينة فتؤدى إلى انسداد المنقطات.

٢- تراكم الأملاح

تميل الأملاح الى التركيز فوق التربه وحول منطقة الابتلال وبالتالى يحدث عند سقوط الأمطار أن تتحرك هذه الأملاح من على السطح مع مياه الأمطار الى داخل منطقة الجذور. ولهذا عند سقوط الأمطار فى هذه الحالة فإن عمليه الرى يجب أن تستمر لضمان غسيل الأملاح من منطقة الجذور . أثناء الرى بالتنقيط تتركز الأملاح تحت سطح التربة حول محيط الحجم المبتل الناتج عن المنقط . وبالتالى فإن جفاف التربة أثناء الفترة بين الريات قد يحدث حركه عكسيه للرطوبة الأرضية وبذلك تنتقل الأملاح ثانية من المحيط المبتل نحو المنقط. ولهذا فإن حركة المياه يجب أن تكون دائما خارجه من المنقط ومتجة بعيدا عنه الى المحيط المبتل وذلك لتجنب تأثير الأملاح على

النباتات. ولهذا فإن من الضرورى أن يتم غسيل الأملاح من منطقة الجذور عند توافر المياه وخاصة فى فصل الشتاء.

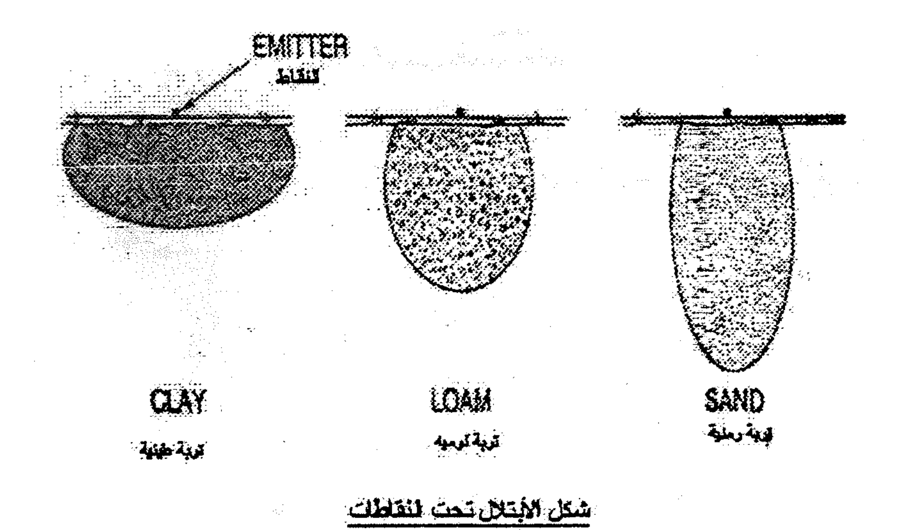


توزيع الرطوبة والأملاح تحت النقاطات

٣- التكاليف المرتفعة بالنسبة لنظم الري الأخرى.

- تاثير نوع التربة على مساحة الابتلال

تعتمد مساحة الابتلال للمنقط على نوع التربة ففى حالة التربة الرملية الخشنة يتراوح نصف قطر الابتلال للمنقط من ١٥ : ٤٥ سم وفى حالة التربة الرملية الناعمة من ٣٠ : ٩٠ سم وفى التربة (اللومية) ٩٠ : ١٢٠ سم والتربة الطينية الثقيلة ١٢٠ : ١٨٠ سم. والشكل يوضح شكل الأبتلال لثلاثة أنواع من التربة:- تربة رمليه خفيفة فيها قوى الجاذبية أكثر وأقوى من الحركة الشعرية فى الاتجاه الجانبى وتربة متوسط القوام لومية وتربة ثقيله بها حركة شعرية جانبية جيدة.



شكل الأبتلال تحت النقاطات

تحرك المياه تحت النقاط Water movement under a micro irrigation point source

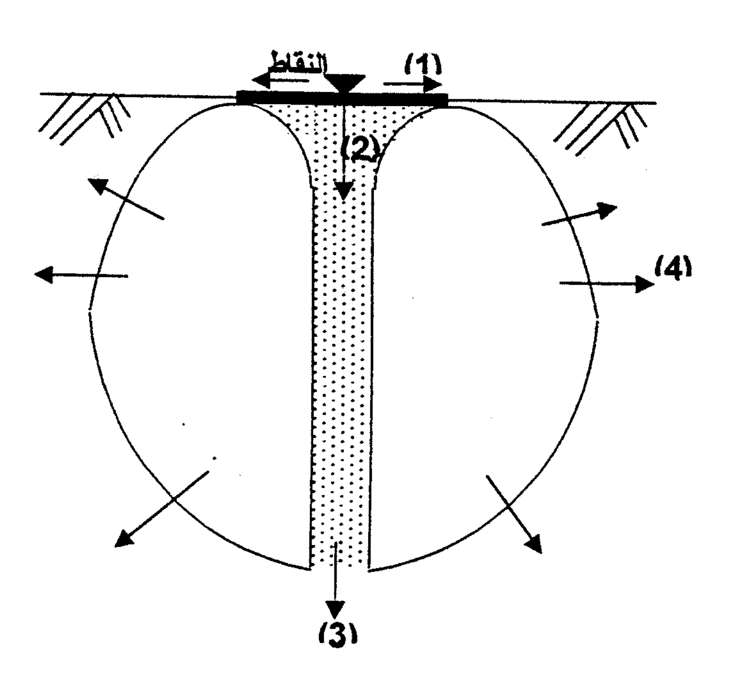
يوجد أربع طرق لأنتقال المياه كما هو مبين بالشكل من النقاط وتحركها داخل التربة تعتمد علي الحجم والزمن:

١- الغمر Ponding : فكلما زاد تصرف النقاط عن معدل تسرب المياه في التربة زادت دائرة الغمر تحت النقاط فوق سطح التربة.

٢- القلب المشبع Saturated core : يتم تشكيل هذا القلب إذا تم تشغيل النقاط مدة طويلة كافية.

٣- التسرب الرأسي Vertical percolation : الحركة السريعة للمياه بفعل الجاذبية.

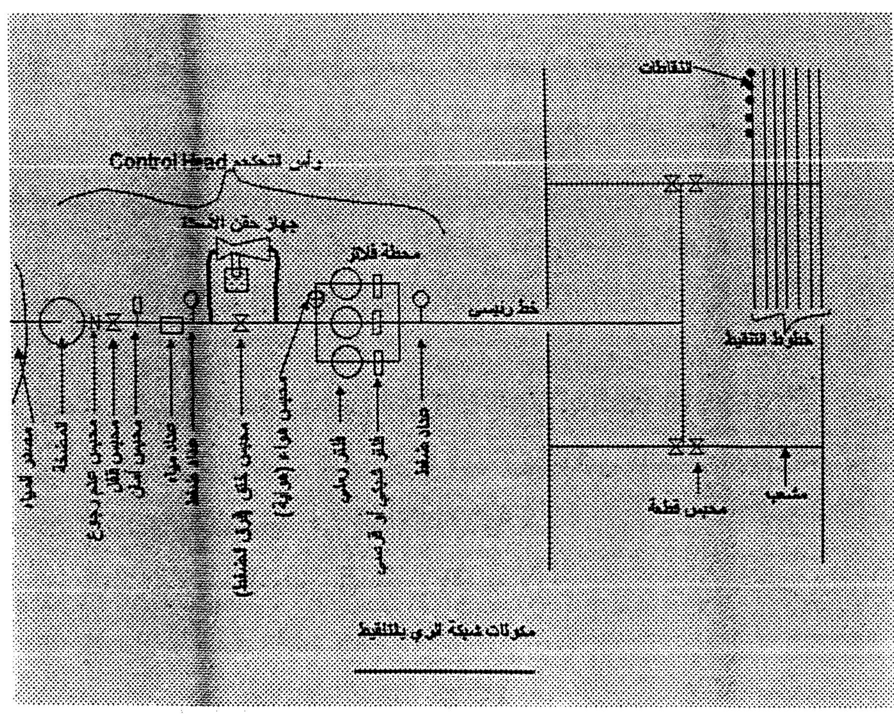
٤- الأنتشار Diffusion : تتحرك المياه بواسطة الخاصية الشعرية Capillarity في جميع الأتجاهات بالنسبة للتوصيل الهيدروليكي للتربة.

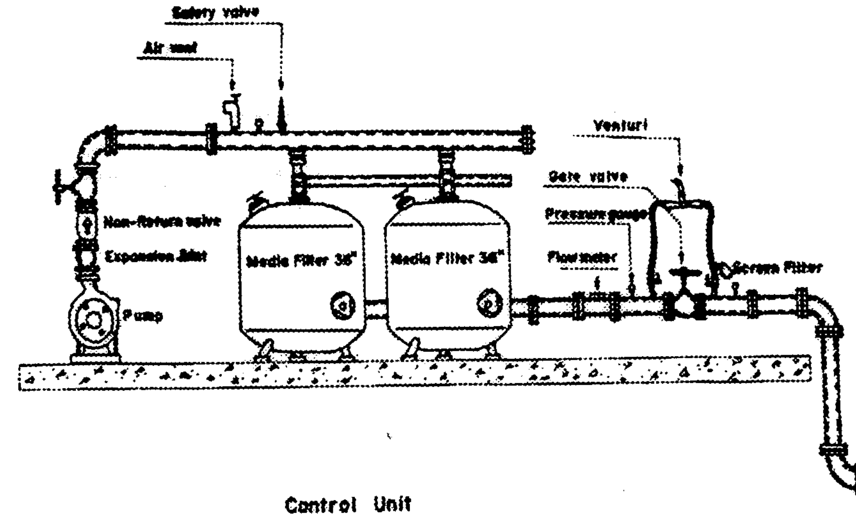


مكونات نظام الرى بالتنقيط :

١- وحدة التحكم Control Head

وتشمل كما فى الشكل على مضخة - محبس عدم رجوع - محبس قفل- منظم ضغط حتى لا يزيد الضغط داخل الخط الرئيسى عن ٦ بار أو صمام تخفيف الضغط Pressure Relief Valve - عداد مياه - عداد ضغط - وحدة حقن أسمده بمشتملاتها- مرشح رملى فى حالة مياه مصدرها مكشوف تنمو بـه الطحالب - - مرشح شبكى - صمام هواء Air Relief Valve. ويطلق علي هذه الأجهزة رأس التحكم Control Head . وتخرج المياه من رأس التحكم الي الخط الرئيسي ثم الخطوط الفرعية والمشعبات وأخيرا خطوط التنقيط.





Control Unit

أ- صمام الهواء (محبس هواء أو هواية) Air Relief and Vacume Relief

يركب صمام الهواء فى الأماكن المرتفعه فى خط الأنابيب للأغراض الآتية :

١- للسماح للهواء بالخروج عند ملئ خط الماء.

٢- للمساح للهواء بالدخول للخط عند صرف المياه منه.

٣- لإزالة الجيوب الهوائية فى الأماكن المرتفعه داخل الخط.

٤- لمنع حدوث ضغط سالب فى الخط عند إيقاف ضخ المياه.

- وهناك قاعدة عامة تقول بأن قطر فتحة صمام الهواء يجب ألا تقل عن ٠٫٢٥ قطر خط الأنابيب.

ب- صمام تخفيف الضغط (محبس أمان) Pressure Relief Valve

يركب فى الأماكن التى يتوقع فيها زيادة فى الضغط داخل الشكبة .

ويحدث ارتفاع فى الضغط فى الحالات الاتية:-

١- الغلق أو الفتح المفاجئ للمحبس (الصمام)

٢- تشغيل أو إيقاف المضخة.

٣- عطل صمام تنظيم الضغط فى الشبكة .

٤- الغلق المفاجئ لصمام الهواء عند اندفاع المياه بضغط مرتفع.

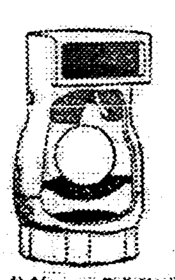
٥- الغلق المفاجئ لمحبس عدم الرجوع عند عكس اتجاه السريان.

٦- الخطأ فى التصميم عند تقدير الضغط الأستاتيكى والديناميكى فى خط الأنابيب.



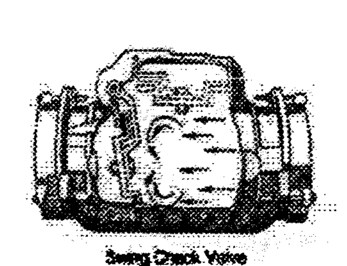
Pressure Relief Valve

صمام تخفيف الضغط



Air/Vacuum Relief Valve

صمام هواء



Swing Check Valve



محبس عدم رجوع

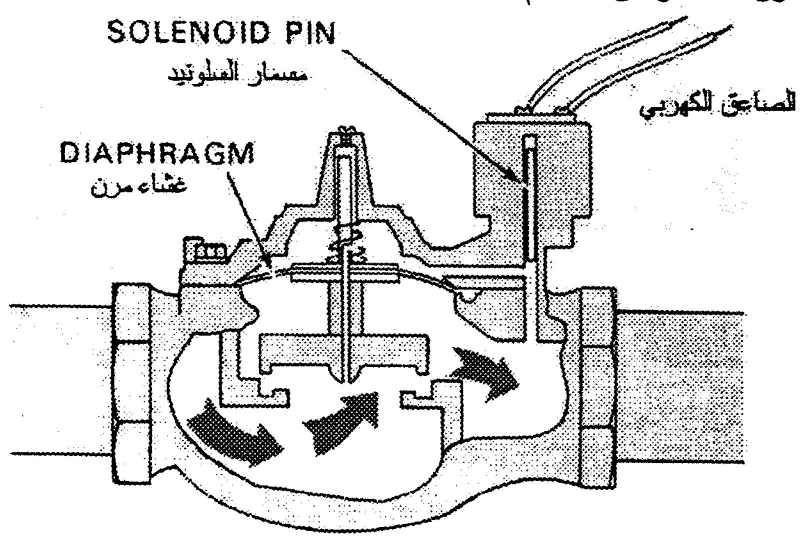
جـ- صمامات عدم الرجوع Check Valves

تستخدم لمنع عكس اتجاه السريان وذلك لمنع حدوث تلف فى المضخة نتيجة عكس اتجاه السريان وكذلك لمنع نزوح المياه من خط السحب. وكذلك لحماية مصدر المياه (البئر) من التلوث بسبب رجوع المياه التى قد تكون مختلطة بالكيماويات.

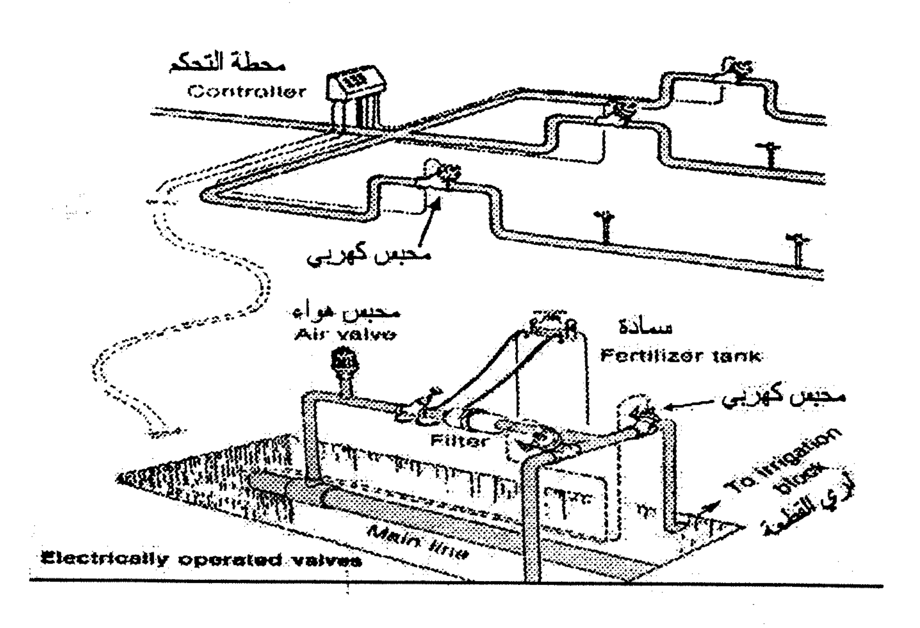
د – المحابس الكهربية

تستخدم المحبس الكهربية للتحكم في ري القطع المختلفة عن طريق محطة تحكم تعمل علي أساس التحكم في الزمن يتم برمجتها لتشغيل عدة محابس كهربية فعندما يحين زمن ري القطعة تقوم محطة التحكم بغلق الدائرة الكهربية للمحبس الخاص بهذه القطعة فتصل الكهرباء إلى الصاعق فيقوم الملف المغناطيسي بسحب مسمار السلونيد لأعلي وبالتالي تمر المياه المحبوسة فوق الغشاء المرن مما يؤدي إلى تقليل الضغط علي الغشاء وبالتالي تقوم المياه بتحريكه لأعلي وفتح الصمام ويظل الصمام مفتوحا إلى أن تقوم محطة التحكم بفتح الدائرة عند مرور الزمن الذي تم ضبط محطة التحكم عليه وعند انقطاع الكهرباء عن الصاعق يفقد اللف مغنطته وبالتالي يترك مسمار السلونيد لأسفل مانعا مرور المياه مما يؤدي إلى تركم المياه فوق

الغشاء المرن وبالتالي زيادة الضغط بالأضافة الي ضغط الياي فيتحرك الغشاء المرن لأسفل وغلق الصمام.



محبس كهربي

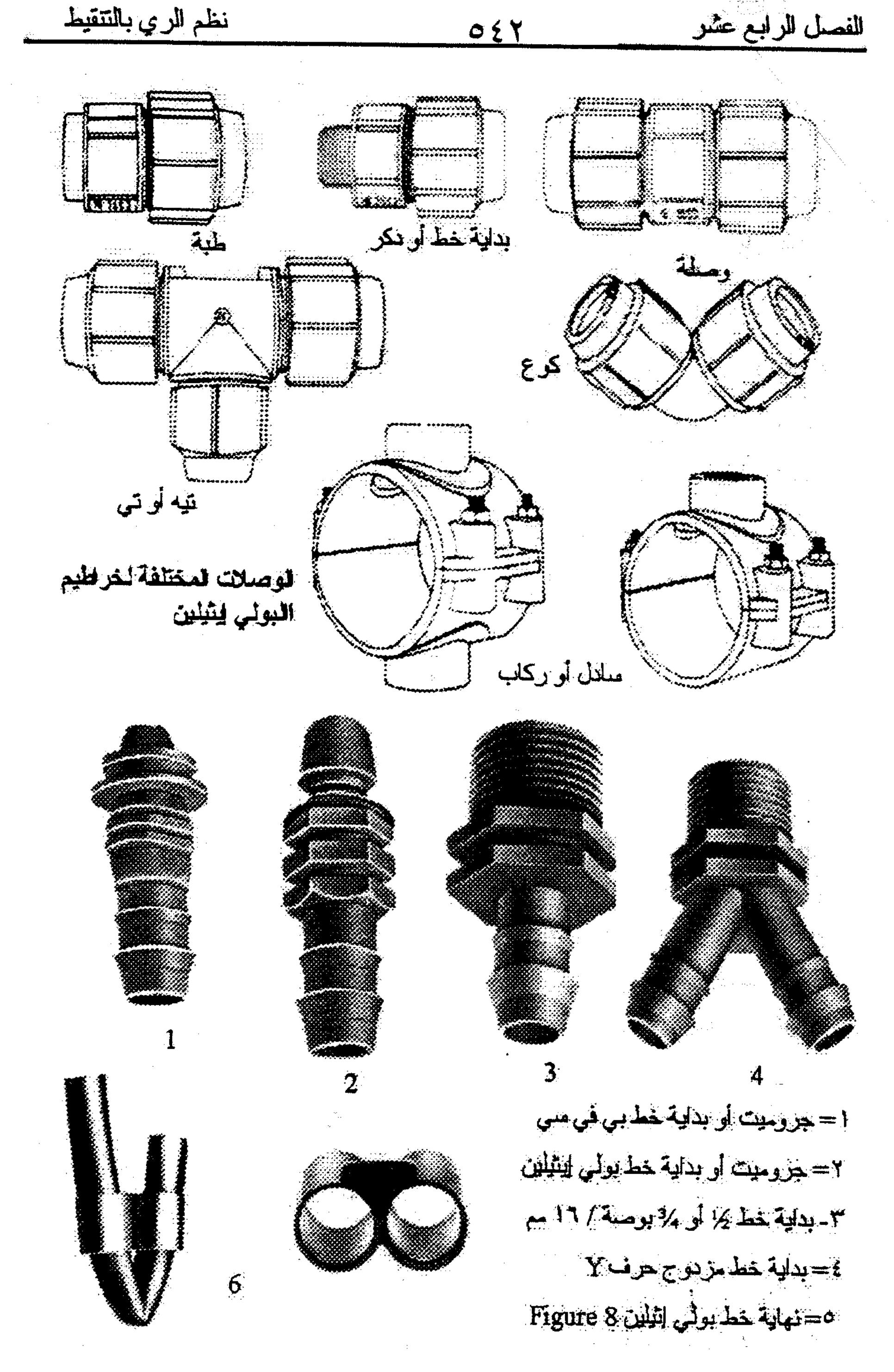


طريقة تركيب المحابس الكهربية للتحكم في تشغيل شبكة الري

٢- الخط الرئيس Main line

يقوم الخط الرئيسى بتوصيل المياه من وحدة التحكم الى الخطوط الفرعية وحيث أن هذا الخط يحمل تصرف المياه الخارج من المضخة فإن قطره يعد أكبر المواسير قطرا ويجب أن لا يتعدى سرعة المياه داخله ١٫٥ متر/ث فى حالة إذا كان مصنوعا من ماده بلاستيكية (جدول رقم ١ وجدول رقم ٢) أو ٢ م/ث إذا كان من الحديد وتكون المواسير الرئيسية عادة من مادة بى فى سى PVC أو الأسبستوس AC أو الحديد المجلفن أو ماده البولى ايثيلين PE ويجب أن لا يقل ضغط التحمل للخط الرئيسى المصنوع من PVC أو PE عن ٦ بار وقد يصل الى ١٠ بار تبعا للتصميم والضغط الذى تعطية المضخة . وفى حالة استخدام الـ PVC يجب دفنه بالأرض لحمايته من أشعة الشمس المباشرة حتى لا يحترق ويتشقق ويكون الدفن على عمق لا يقل عن ٨٠ سم حتى لا يتأثر بأحمال الآلات فوق سطح الأرض ويكون أيضا بعيدا عن أسلحة المحاريث.

وتوصل قطع المواسير الصنوعة من P.V.C بأطوال ٦ متر مع بعضها اما بواسطة اللصق T.S.(Tapered Sleeve Joint) وذلك للأقطار الصغيرة حتى ٧٥ مم (٢,٥ بوصة) أو بواسطة حلقة الكاوتش R.R.(Rubber Ring Joint) للأقطار الأكبر من ٩٠ مم (٣ بوصة) وذلك لأن الحلقات الكاوتش تسمح بالتمدد والأنكماش، ولايجب تشوين المواسير المصنعة من P.V.C بالحقل تحت أشعة الشمس المباشرة لحمايتها من التشقق أو الألتواء. وقبل التركيب يجب تفريغ المواسير تماما من أية شوائب ثم تنظف أطرافها جيدا بقطعة من القماش، ويفضل التنظيف باستخدام مادة مطهرة مثل الأسيتون أو التنر ثم تضاف المادة اللاصقة لطرف الماسوره الذيل (الذكر) ثم يدخل فى طرف الماسورة الأخرى أو الرأس (الأنثى) و الضغط حتى يتم اللصق تماما وعند تغيير اتجاه الخط أو التفريع أو وجود محابس يدعم الخط بخرسانة عادية وعند الردم يجب ترك نقاط الاتصال بين الأنابيب فقط مكشوفة حتى يتم عمل لختبار الضغط على ضغط ٦ بار وذلك لإمكان اصلاح النقاط التى قد يحدث بها تسرب، وبعد نجاح الاختبار يتم تغطية جميع النقاط.

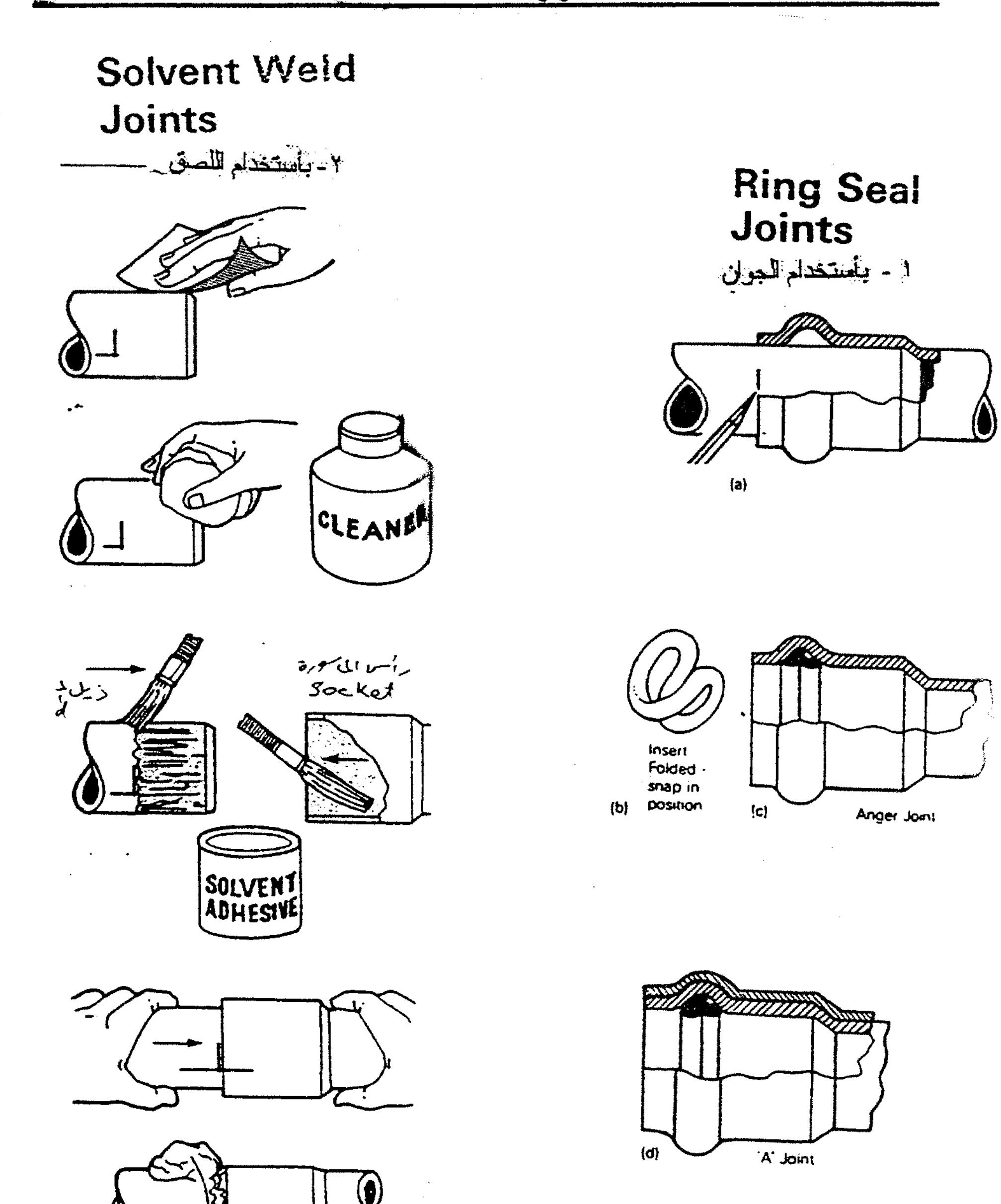


جدول (١) التصرفات المسموح بها للمواسير (P.V.C) عند ضغط ٦ بار :

القطر الخارجى (مم)	القطر الداخلى (مم)	اقصى تصرف مسموح به (م٣/س)	الفاقد في الأحتكاك متر / ١٠٠ متر
٣٢	٢٨,٤	٢,٥	٥,٥
٤٠	٣٦ر٤	٤ر٠	٤,٠
٥٠	٤٦ر٤	٨ر٠	٤,٣
٦٣	٥٩ر٢	١٤ر٩	٤,٢
٧٥	٧٠ر٦	٢١ر١	٣,٤
٩٠	٨٤ر٦	٣٠ر٣	٢,٨
١١٠	١٠٣ر٦	٤٥ر٥	٢,٢
١٢٥	١١٧ر٦	٥٨ر٦	١,٩
١٤٠	١٣١ر٨	٧٣ر٧	١,٦
١٦٠	١٥٠ر٦	٩٦ر٢	١,٤
٢٠٠	١٨٨ر٢	١٥٠ر٢	١,١
٢٢٥	٢١١ر٨	١٩٠ر٣	٠,٩٥
٢٥٠	٢٣٥ر٤	٢٣٥ر٠	٠,٨٤

جدول (٢) التصرفات المسموح بها للمواسير البولى ايثيلين (PE) :

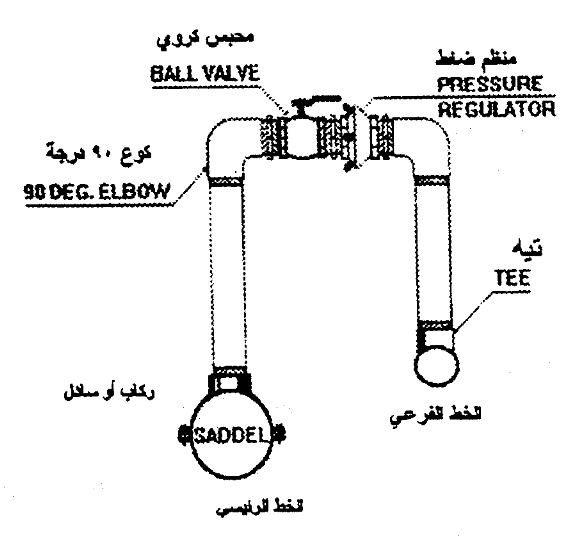
القطر الخارجى (مم)	القطر الداخلى (مم)	التصرف (م٣/س)	الضغط التشغيل (بار)	الفاقد في الأحتكاك متر / ١٠٠ متر
١٥ر٥	١٣ر١	٠ر٤	٢ر٥	٨,٠
١٨	١٥ر٦	٠,٦	٢ر٥	٧,٣
٢٠	١٧	٠,٨	٢ر٥	٨,١
٢٥	٢٠ر٨	١ر٣	٤	٧,٤
٣٢	٢٦ر٩	٢ر٥	٤	٧,٢
٤٠	٣٤ر٦	٥ر١	٤	٧,٨
٥٠	٤٤ر٦	٨ر٤	٤	٥,٨
٦٣	٥٧ر٦	١٤ر١	٤	٤,٣
٧٥	٦٨ر٦	٢٠,٠	٤	٣,٥
٩٠	٧٩ر٨	٢٧ر٠	٦	٢,٩
١١٠	٩٧ر٤	٤٠ر٢	٦	٢,٣



طرق توصيل مواسير الـ بي فى سي

٣- الخطوط الفرعية أو التحت رئيسية submain

تقوم بتوصيل المياه من الخط الرئيسى الى خطوط المشعبات وما ينطبق على وصف الخط الرئيسى ينطبق أيضا على الخط تحت الرئيسى.

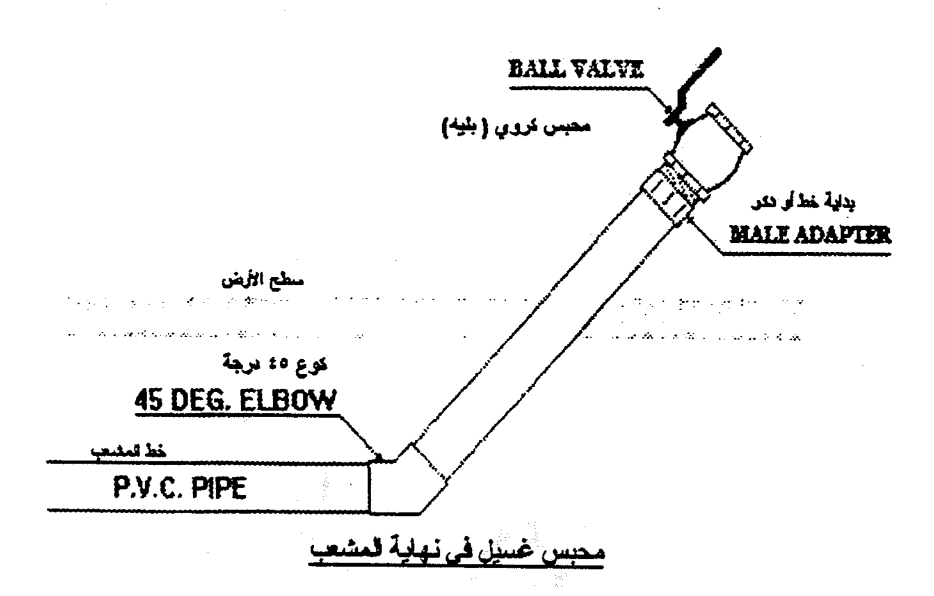


طريقة توصيل لخط لرئيسي بلخط لفرعي

٤- المشعبات Manifolds

يصنع غالبا من مادة البولى ايثيلين PE أو مادة بى فى سى PVC ويتحمل ضغط لا يقل عن ٦ بار وهو يقوم بتوصيل المياه من الخطوط التحت رئيسيه الى خطوط الرى أو خطوط التنقيط . وقد يدفن تحت سطح الأرض أو لا يدفن.

وينتهى المشعب إما بصمام غسيل/صرف Drain/Flush valve أو بطبة نهاية من البلاستيك أو بمحبس غسيل يدوي. وفي حالة أستخدام صمام الغسيل الأوتوماتيكى يفتح ويغلق تلقائيا حسب ضغط التشغيل وذلك للتخلص من الرواسب فى نهاية الخط ، فعند بداية التشغيل يكون الضغط منخفضا فيفتح الصمام ليخرج منه ما ترسب وبزيادة الضغط يغلق الصمام ويتم الرى وعند نهاية التشغيل يقل الضغط فيفتح الصمام وتخرج الرواسب وهكذا. وحتى لا يحدث شفط للتربة عند الصمام أو الطبة فيجب رفعها عن سطح الارض بأن نضع وصلة ٤٥ درجة لتصل المشعب المدفون تحت سطح الأرض بالمحبس فوق سطح الأرض.



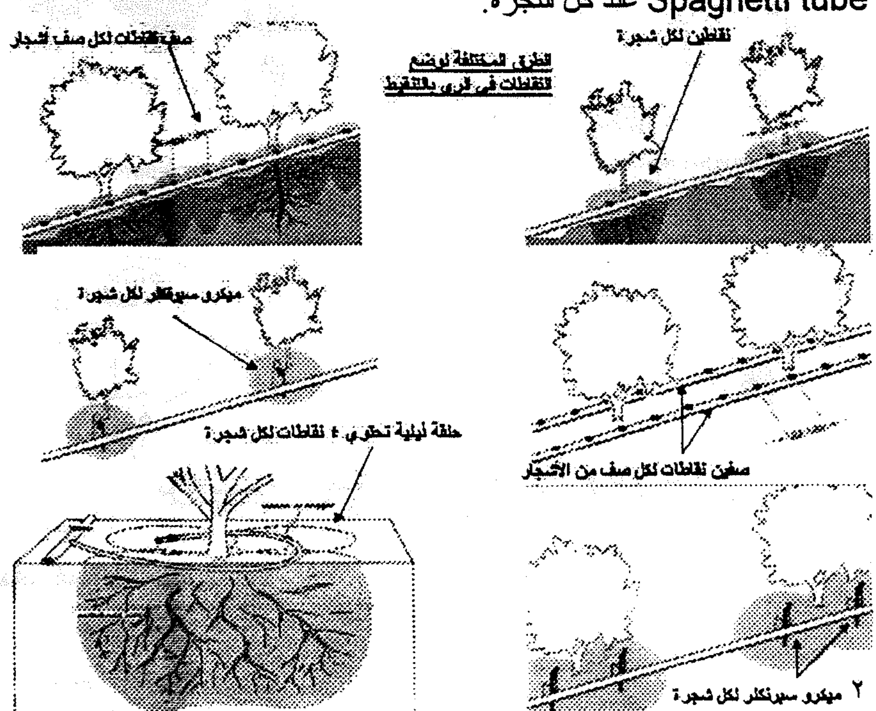
محبس غسيل في نهاية المشعب

٥- خطوط التنقيط Lateral Lines

وتصنع من مادة البولي ايثيلين وتتحمل ضغط ٤ بار وهى تحمل المنقطات على مسافات تختلف حسب التصميم وقد تصنع هذه الخطوط والمنقطات داخلها وتسمى خطوط التنقيط الداخلى In Line Dripper مثل خطوط التنقيط GR ويختلف قطر هذه الأنابيب حسب التصرف الذي تحمله وطولها وفى الغالب يكون القطر المستعمل ١٦ مم (٥ر بوصه) وعادة لا تدفن وأحيانا تدفن تحت سطح الأرض. ويتم توصيل خط التنقيط بالمشعب باستخدام بداية خط من البلاستيك أو جرو مت Grommet إذا كان قطر الخط أقل من ٢٠ مم، أما إذا كان قطره ٢٥ مم فيتم التوصيل باستخدام ركاب saddle. ويتم قفل نهاية خط التنقيط أما باستخدام طبه أو ثني نهاية الخط باستخدام نظارة علي شكل رقم ٨ باللغة الإنجليزية. وحديثا يتم تركيب خط مواسير تنتهي إليه كل نهايات خطوط التنقيط ليعمل كمجمع للرواسب ويزود في نهايته بمحبس غسيل لكي يتم توفير عمالة غسيل كل خط بمفرده بالإضافة إلى معادلة ضغط الخطوط.

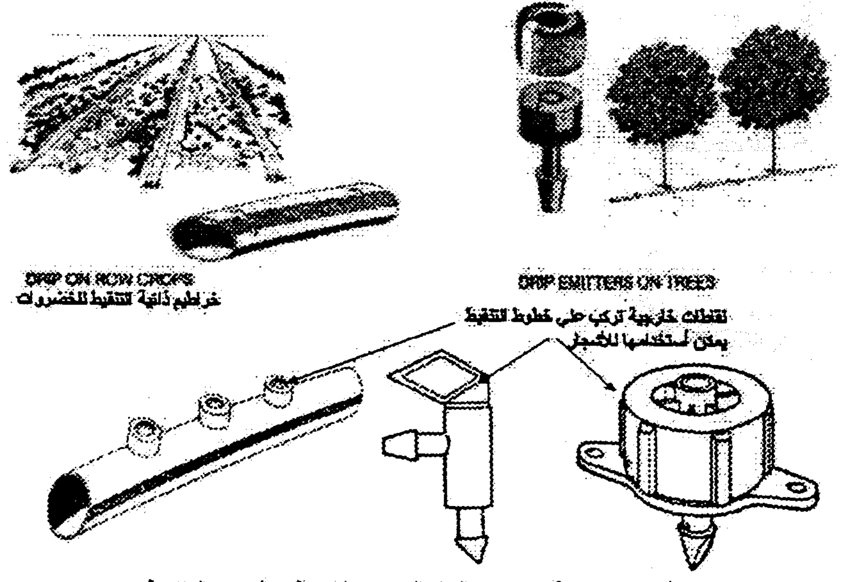
وقد يخدم صف الأشجار خط تنقيط واحد أو خطان على جانبي صف الأشجار كما في الشكل وقد يأخذ خط التنقيط الشكل المعرج حول الأشجار وقد يحمل

الخط أنبوبة رفيعة تحمل منقطات وتلف حول كل شجرة وتسمى حلقة نيليه Pig tail أو يحمل خط التنقيط أنابيب رفيعة يطلق عليها " مكر ونه " Spaghetti tube عند كل شجرة.



٦- المنقطات Emitters

وتركب المنقطات على خطوط التنقيط باستخدام خرامات مناسبة لكل نوع من المنقطات وذلك حتى لا يحدث ثقب أكبر من مدخل المنقط مما يتسبب عنه حدوث تسرب . وتخرج المياه من المنقطات عند الضغط الجوى بجانب النبات ومنه من خلال التربه الى منطقة نمو الجذور. وتصرف المنقط قد يكون ٢-٤-٨ لتر /س. وتستعمل فى البساتين والحدائق والصوب وأيضا للخضراوات والأنواع التجارية منها كثيرة مثل: Micro-flapper, -K-2, Turbo-Key, E-2 .America Series, Key-Clip



أنواع مختلفة من النقاطات التي تستخدم في الري بالتنقيط

صفات المنقط المثالى:

١- رخيص الثمن.
٢- سهل التصنيع.
٣- سهل التركيب.
٤- مقاوم للأنسداد.
٥- معوض كامل للضغط، أى لا يتأثر التصرف بالتذبذب فى الضغط.
٦- لا يتغير آداءه بمرور الزمن.
٧- يتحمل ظروف التشغيل.
٨- دقيق.

قد لا تتوافر كل هذه الصفات فى المنقط المستعمل ولكن تعتمد طريقة اختيار المنقط على أهمية كل صفة فى تشغيل المنقط. فقد لا تكون المقاومة للأنسداد مهمة إذا كانت المياه المستعملة نظيفة أو قد يكون التعويض الكامل للضغط غير مهم إذا كانت الأرض مستوية والخطوط قصيرة الطول.

وسائل تخفيض الضغط داخل المنقطات:

١- استخدام ممر طويل long path
٢- استخدام فتحة ضيقة Orifice
٣- احداث دوامات Vortex

تقسيم المنقطات حسب نوع السريان (التقسيم الهيدروليكى للمنقطات) :

تكتب المعادلة العامة التى تصف التصرف فى المنقطات كالآتى:

$$q = KP^{x}$$

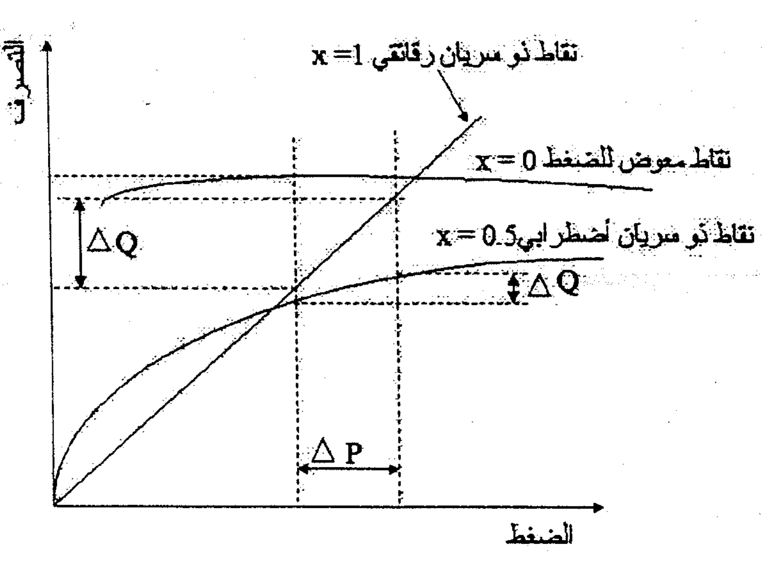
حيث:

q = التصرف الخارج من المنقط
p = ضغط التشغيل للمنقط
x = القيمة الأسية للمعادلة

وقد وجد أن القيمة الأسية لمعادلة تصرف المنقط تحدد نوع وخواص سريان الماء داخل المنقط كالآتى :

١- منقطات السريان الرقائقى

وهى رخيصة الثمن وبسيطة وتتحمل ظروف التشغيل ومن عيوبها انها حساسة لتغير الضغط ، فالتصرف يتغير كثيرا بتغير الضغط. وهى أكثر عرضه للأنسداد بسبب انخفاض سرعة السريان خلال الأنابيب ، وهى أيضا أكثر حساسيه لتغير لزوجة المياه بتغير درجة الحرارة وقيمة <u>x = 1</u> وهذا يعنى أن تصرف المنقطات حساس للتغير فى الضغط كما فى الشكل فتغير مقداره ١٠% فى الضغط يقابله ١٠% تغير فى التصرف. حيث أن $\frac{\Delta Q}{Q} = X\frac{\Delta P}{P}$



التغير في تصرف النقاط يعتمد علي قيمة أس معادلة تصرف النقاط

٢- منقطات السريان الأضطرابى

تمتاز هذه المنقطات بقصر ممر السريان أو أتساعه وأرتفاع سرعة السريان وهذه مميزات لعدم الأنسداد فى المنقطات وأيضا قليلة الحساسية لتغير الضغط ولتغير اللزوجة للمياه وذلك بالمقارنة بمنقطات السريان الرقائقى وقيمة x = 0.5 ، وهذا يعنى أن تغير مقداره ٢٠% فى الضغط يقابله تغير ١٠% فى التصرف. كما فى الشكل.

٣- المنقطات الدوامية Vortex

تعتمد فكرة المنقطات الدوامية على أنخفاض الضغط فى المركز نتيجة دوران المياه فى الدوامة واندفاعها ناحية الحافة الخارجية بدفع المياه بقوة الطرد المركزى ، ونقطة انبعاث المياه تقع فى مركز الدوامة حيث الضغط المنخفض والمنقطات الدوامية أقل حساسية للضغط من منقطات السريان الأضطرابى ومن عيوب المنقطات الدوامية ضيق مسار المياه وبالتالى سهولة الأنسداد بحبيبات التربة والشوائب لذلك تحتاج لنظام ترشيح ذو كفاءة عالية

وقيمة x = 0.4 وهذا يعنى أن هذا النوع من المنقطات أقل حساسية للتغير فى الضغط من الأضطرابى.

٤- المنقطات المعوضة للضغط Pressure Compensating

تستخدم هذه المنقطات ضغط المياه الواصل اليها فى تعديل قطر مسار السريان أو شكله أو طوله وذلك باستخدام قرص مطاطى قابل للتشكيل أو غشاء مرن ومن عيوب هذه المنقطات أن المادة المطاطية تتغير خواصها بمرور الزمن لذلك يجب أن تكون جودتها عالية وقيم x = 0.0 وهذا يعنى أنه مهما تغير الضغط تكون قيمة التصرف ثابتة كما فى الشكل. وهى تستغل عندما يكون الخط به ارتفاعات وانخفاضات أو خط طويل نسبيا.

٧- أجهزة غسيل الخطوط :

الهدف من عملية الغسيل هو إزالة العوالق المترسبة من الفرعيات وخطوط التنقيط. وهى عباره عن صمام أو محبس غسيل ويركب فى نهاية المشعبات والفرعية لإجراء عمليات غسيل دورية للرواسب وتتكون اجهزة الغسيل من كوع بلاستيك ٤٥ ° ومحبس أوطبه

٨- وحدة الترشيح (الفلاتر)

ممر خروج المياه من المنقطات ذات قطر صغير أقل من ٢ مم. وهذا عرضه للأنسداد ويجب على الشركة الصانعه للمنقطات أن تذكر دقة الترشيح المطلوبة للمنقط وذلك عن طريق ذكر رقم فتحات الشبكة أى Mesh No. التى يجب أن تتوافر فى الفلتر المستخدم حتى تقلل من انسداد المنقط (جدول رقم ٣).

رقم المش يمثل عدد الفتحات فى البوصة الطولية وحيث أن الفتحات تشغل ٥٨ % من طول البوصة أي تشغل ٢٥,٤ مم × ٠,٥٨ = ١٤,٨ مم

وحيث أن قطر فتحة النقاط ١ مم ويجب حجز الشوائب التي مقاسها ٠,١ من قطر فتحة النقاط فأنه يجب حجز الشوائب التي قطرها ٠,١ مم أى رقم منخل حوالي ١٥٠ كما يلي

Mesh No. = 14.8 / 0.1 = 148

وعادة يجب التخلص من الشوائب الموجودة بالمياه قبل دخولها المنقط. تلك الشوائب الواجب التخلص منها ذات قطر أقل بكثير من قطر ممر خروج المياه من المنقط حيث أنه يجب التخلص من الشوائب ذات القطر ١٠/١ من قطر فتحة المنقط. لأن هذه الشوائب قد تتحد مع بعضها فتسد المنقط عند ممر خروج المياه حيث أن غالبية المواد العضوية ذات كثافة أقل من كثافة الماء. وكذلك فإن الرمل الناعم جدا يميل الى الترسيب فى حالة سرعة السريان المنخفضة (السريان الرقائقى) ويترتب على انسداد المنقطات اثار سلبيه خطيره منها تخفيض كفاءة الرى و انخفاض انتظام توزيع المياه وعدم حصول النباتات على أحتياجاتها المائية. علاوة على العماله الزائدة المستخدمة فى تسليك المنقطات وتنظيفها أو استبدالها.

جدول (٣) يوضح العلاقة بين نوع الحبيبات والحجم بالميكرون ورقم المش (عدد الثقوب فى البوصة) للشبكة المناسبة لها

نوع الحبيبات	الحجم بالميكرون	رقم المش
رمل خشن جدا	١٠٠٠ - ٢٠٠٠	١٠ - ١٨
رمل خشن	٥٠٠ - ١٠٠٠	١٨ - ٣٥
رمل متوسط	٢٥٠ - ٥٠٠	٣٥ - ٦٠
رمل ناعم	١٠٠ - ٢٥٠	٦٠ - ١٦٠
رمل ناعم جدا	٥٠ - ١٠٠	١٦٠ - ٢٧٠
سلت	٢ - ٥٠	—
طين	اقل من ٢	—

أسباب الأنسداد :

نوعية وجودة مياه الرى ذات أهمية كبيرة فى تحديد طرق معالجة مشاكل الأنسداد حيث أن أحتواء مياه الرى على الطين و السلت والرمل وكذلك المواد العضوية مثل الطحالب واحتواء مياه الرى كذلك على أنيونات البيكربونات وكاتيونات الكالسيوم والمغنسيوم فيحدث ترسيب لكربونات الكالسيوم وكربونات المغنسيوم كذلك أحتواء مياه الرى على أكسيد الحديدوز الذائب (FeO) الذى يتأكسد بأكسجين الهواء الجوى ليرسب أكسيد الحديديك(Fe_2O_3) والذى يظهر فى صورة راسب بنى مائل الى الأحمرار ويزيد من خطورة ترسيب أكسيد الحديديك تواجد بكتريا الحديد و بالمثل فى حالة وجود كبريتيد الهيدروجين والأحياء المختزلة للكبريتات (جدول رقم ٤). كذلك عدم العناية أثناء تركيب شبكة الرى بالتنقيط أو اصلاحها تتسبب فى أدخال حبيبات التربه وكذلك شظايا البلاستيك الى داخل الخراطيم ويتسبب عن ذلك انسداد المنقطات كذلك عدم رفع نهاية خط التنقيط عن سطح الأرض يؤدى الى شفط محلول التربه (الروبه) عند فتح طبة الغسيل وخروج ما بها من المياه. كذلك استخدام بعض الأسمدة فينتج عن المواد المغلفه لها (للحبيبات) شوائب كيمياوية تسبب الأنسداد كما أن بعض الأسمدة تتفاعل مع مكونات المياه مما ينتج عنها رواسب كيماوية تسبب الأنسداد. كذلك تؤدى بعض الأسمدة الى رفع رقم الحموضه pH فيزيد ترسيب الكربونات (كربونات الكالسيوم) . كذلك حدوث الصدأ للحديد الداخل فى مكونات وحدة التحكم مما يسبب فى انسداد المنقطات كذلك فدرجات الحرارة العاليه وأرتفاع رقم الحموضه pH لمياه الرى عن ٨ تزيد من عمليات الترسيب الكيمائيه. وفي عملية خلط الأسمدة ببعضها يجب أن نلاحظ أن الكالسيوم يترسب في حالة مزجه بالفوسفات. ويمكن تقسيم المياه حسب درجة خطورتها فى عملية الأنسداد. كما فى الجدول رقم (٥).

جدول (٤) العوامل الأساسية التى تسبب أنسداد شبكة الرى بالنقيط

المكونات الطبيعية (المواد الصلبة العالقة)	المكونات الكيمائية (عمليات الترسيب)	المكونات البيولوجية (بكتريا - طحالب ..)
١- عضوية نباتات مائية (طحالب) حيوانات مائية بكتيريا ٢- غير عضوية رمل رمل سلت طين شظايا بلاستيك	١- كربونات الكالسيوم او المغنسيوم ٢- كبريتات الكالسيوم ٣- هيدروكسيدات العناصر الثقيلة واكسيداتها وكربوناتها وسليكاتها وكبريتاتها ٤- الزيوت والشحوم ٥- الاسمدة الفوسفاتية الامونيا الحديد- الزنك- النحاس- المنجنيز	١- كائنات خيطية ٢- كائنات مخاطية ٣- التحلل الميكروبي أ- حديد ب- كبريت ج- منجنيز

جدول (٥) نظام تقسيم المياه حسب خطورتها فى أنسداد المنقطات

عوامل الأنسداد	خطورة الأنسداد		
	قليلة	متوسطة	شديدة
- طبيعة (المواد الصلبة العالقة) مجم/لتر	< ٥٠	٥٠-١٠٠	<١٠٠
- كيمائية			
درجة الحموضة pH	< ٧	٧ - ٨	< ٨
مواد صلبة ذائبة مجم/لتر (جرام/م٣)	< ٥٠٠	٥٠٠-٢٠٠٠	< ٢٠٠٠
منجنيز (مجم/لتر)	< ار.	ار٠-٥ر١	< ٥ر١
حديد (مجم/لتر)	< ٢ر.	٢ر٠-٥ر١	< ٥ر١
كبريتيد الهيدروجين(مجم/لتر)	< ٢ر.	٢ر٠-٢	< ٢
- بيولوجية			
اقصى عدد للبكتيريا فى مل (بكتيره/سم٣)	< ١٠٠٠٠	١٠٠٠٠-٥٠٠٠٠	< ٥٠٠٠٠

نوعية الأسمدة ومشاكل الأنسداد :

تعتبر نوعية الأسمدة المضافة من خلال مياه الرى من العوامل الهامة التى تؤثر على عمليات الترسيب الكيمائى والطبيعى داخل شبكة الرى بالتنقيط وذلك لما تحتويه من شوائب صلبة غير ذائبة ويتوقف ذلك على نوعية السماد المتسخدم من حيث درجة ذوبانه وتأثيره على رقم pH و قابليته للتفاعل والترسيب مع الأسمدة الأخرى. وبصفة عامة يفضل استخدام الأسمدة كاملة الذوبان فى الماء للحقن من خلال مياه الرى. ومن مشاكل حقن الأسمدة الكيماوية في شبكة الري بالتنقيط مايلي:-

يمكن للفوسفور الموجود في الأسمدة الفوسفاتية أن يتفاعل مع الكالسيوم الموجود فى ماء الري لتكوين فوسفات كالسيوم غير ذائبة وتترسب مسببة أنسداد النقاطات. ولذلك يفضل أستخدام حمض الفوسفوريك كمصدر أساسي للفوسفور من خلال الحقن في شنكة الري بالتنقيط بمعدل ٠,٢٠ – ٠,٣٠ لتر لكل ١ م٣ من مياه الري مرة كل ٢-٣ أسابيع.

عند حقن الأسمدة الأزوتية في شبكة التنقيط وعدم أتمام عملية الغسيل تنمو الكائنات الحية الدقيقة علي نيتروجين الأسمدة المتبقية فى الشبكة فى خلال الفترة بين الريات ويمكن تلافي هذه المشكلة بدفع الماء في الشبكة بعد عملية التسميد فتغسل بقايا الأسمدة النيتروجينية في الشبكة كما تعمل خراطيم الشبكة السوداء علي حجب الضوء فيمنع نمو بعض الكائنات الدقيقة في الشبكة.

يجب أذابة الأسمدة جيدا قبل حقنها في الشبكة وقد يستخدم حامض النيتريك لزيادة درجة ذوبان بعض الأسمدة الصعبة الذوبان مثل سلفات البوتاسيوم حيث يوضع عليها بعد أذابتها في الماء حمض نيتريك بمعدل ٠,١٠ لتر لكل ٢٠٠ لتر من المياه الستخدمة لتحضير رائق أسمدة سلفات البوتاسيوم.

يجب ألا يتعدي تركيز السماد في ماء الري ١ كجم سماد/ ١م٣ مياه ري وذلك حتي لا يتسبب في زيادة الملوحة في ماء الري وما يتبعها من أضرار للنبات

ومشاكل ترسيب هذه الأملاح خلال شبكة الري والشائع أستخدامه هو ٠,٢٥ – ٠,٥٠ كجم سماد / ١م٣ مياه ري.

درجة ذوبان بعض الأسمدة

يجب أستخدام الأسمدة سهلة الذوبان في المياه عند حقنها في شبكة التنقيط. والجدول يوضح معدل ذوبان بعض الأسمدة مع ملاحظة أن أسمدة السوبر فوسفات الأحادي والثلاثي منخفضة الذوبان ولا يجب أضافتها من خلال مياه الري.

اختبار السماد أو الكيماوى قبل الحقن :

نحضر زجاجة فارغة نظيفة وتملئ بالماء من المصدر المستخدم للرى ونضع بها كمية صغيرة من السماد بحيث يكون التركيز أكبر من التركيز المستعمل فى الرى ونتركها لمدة ٢٤ ساعة ثم نشاهد إذا حدثت ترسيبات فى قاع الزجاجة أو رغاوى على السطح فإذا حدث ذلك فإنه ينصح بعدم استعمال هذه المواد للحقن فى الشبكة.

أجهزة حقن الأسمدة والكيماويات فى شبكة الرى:

تعريف حقن الأسمدة خلال الري Fertigation : هو إضافة الأسمدة Fertilizers خلال الري Irrigation في عملية واحدة تسمي Fertigation. أما إذا أضيفت كيماويات أخري غير الأسمدة Chemicals كالمبيدات تسمي هذه العملية Chemigation أي إضافة الكيماويات خلال الري. وعملية حقن الأسمدة خلال الري تجمع بين عاملين أساسيين لنمو النبات هما الماء والغذاء. وعلي ذلك فإعطاء النسب الصحيحة لهذين العاملين يعتبر مفتاح الإنتاجية العالية كما ونوعا.

مميزات حقن الأسمدة مع مياه الري

١- تجانس توزيع الأسمدة علي المساحة المروية Uniform application

٢- يمكن إضافة الأسمدة بالكمية والتركيز المطلوبين لتلبية الاحتياجات النباتية اليومية وطبقا لحالت الجو.

والجدول التالى يوضح درجة ذوبان بعض الأسمدة التجارية فى مياه رى جيدة النوعية :

السماد التجارى	درجة الذوبان كجم/لتر	نسبة المادة الفعالة فى السماد التجارى		
		نيتروجين N	فوسفور P_2O_5	بوتاسيوم K_2O
نترات الامونيوم (نترات النوشادر)	١,١٨٠	٣٣-٥ر ٣٤	--	--
كبريتات الامونيوم (سلفات النوشادر)	٠,٧٠٠	٢١	--	--
نترات الكالسيوم	١,٣٥٠	١٥-٥ر ١٥	--	--
فوسفات الامونيوم الثنائية	٠,٤٢٠	٢١	٥٤	--
فوسفات الامونيوم الاحادية	٠,٢٣٠	١١	٤٨	--
نترات الصوديوم	٠,٧٣٠	١٦	--	--
نترات البوتاسيوم	٠,١٤٠	١٢-١٤	--	٤٤-٤٦
سوبر فوسفات احادى	٠,٠٢٠	--	١٦-٢٠	--
سوبر فوسفات ثلاثى	٠,٠٤٠	--	٤٦	--
يوريا	٠,٨٠٠	٤٥-٤٦	--	--
سلفات بوتاسيوم	٠,١٢٠			٤٨
حامض فوسفوريك ٨٥% وكثافة ١,٦٨ كجم /لتر			٥٠-٦٨	
حامض نيتريك		١٥,٦		

٣ - رفع كفاءة التسميد وتقليل فقد الأسمدة بغسيلها تحت منطقة الجذور

٤ - توفير الوقت والعمالة.

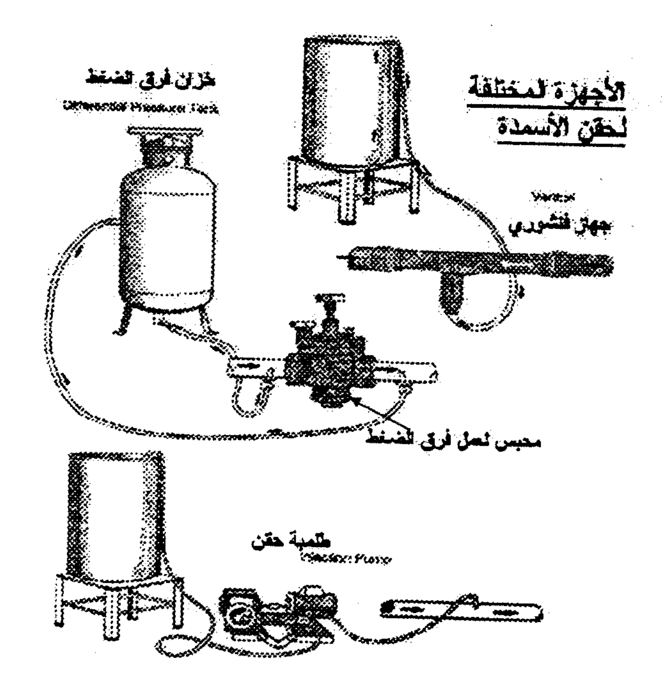
٥- زيادة الإنتاج كما ونوعا.

٦- تناسب جميع أنواع نظم الري والمحاصيل المختلفة.

أولا: باستخدام جهاز فينشورى : Venturi

مميزاته فهو سهل و رخيص نسبيا و لا يحتاج الى مصدر قدره خارجى و الحقن يتم بتركيز ثابت مع أمكانية التحكم في معدل الحقن وسهولة معايرته عن طريق محابس دخول المياه اليه وخروجها منه مع الأسمدة. أماعيوبه فتكمن في وجود ضغط كافي لتشغيله حيث يفقد حوالي ٢٠% من ضغط التشغيل. وفي حالة عدم وجود الضغط

اللآزم للتشغيل يلزم تركيب طلمبة كهربية قدرتها حوالي نصف حصان علي التوالي مع الجهاز.



ثانيا : خزان فرق الضغط : Differential Pressure Tank

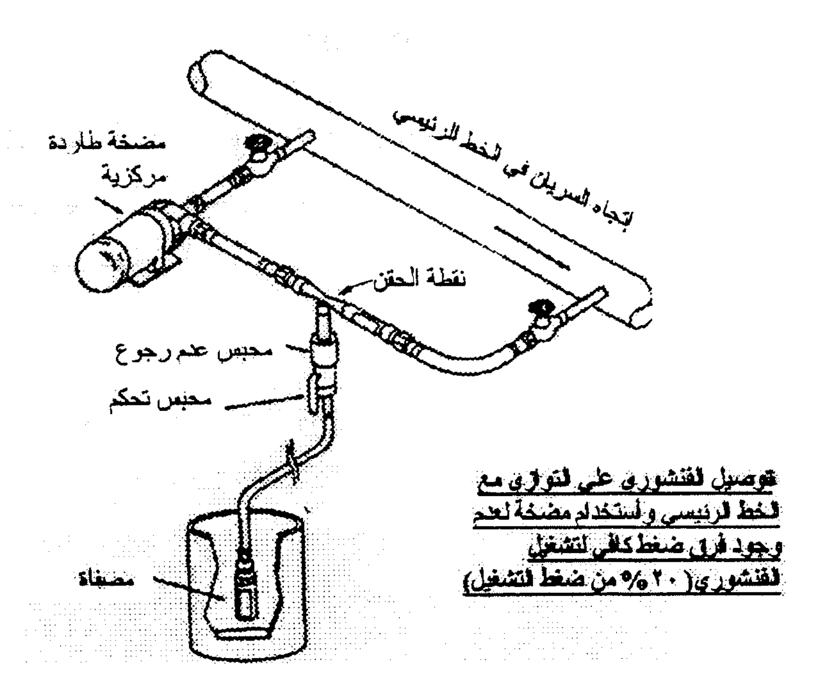
مميزاته : سهل الاستخدام وفعال

عيوبه: تركيز الكيماويات غير ثابت إذ يقل بمرور الزمن ولذا يصعب استخدامه فى شبكة تتكون من عدة قطع تروى على التعاقب. وعند أستخدام السمادة في تسميد عدة قطع يراعي زيادة زمن الحقن للقطع التالية وذلك لأنخفاض التركيز مع الزمن أو عكس أتجاه تسميد القطع في الريات التالية.

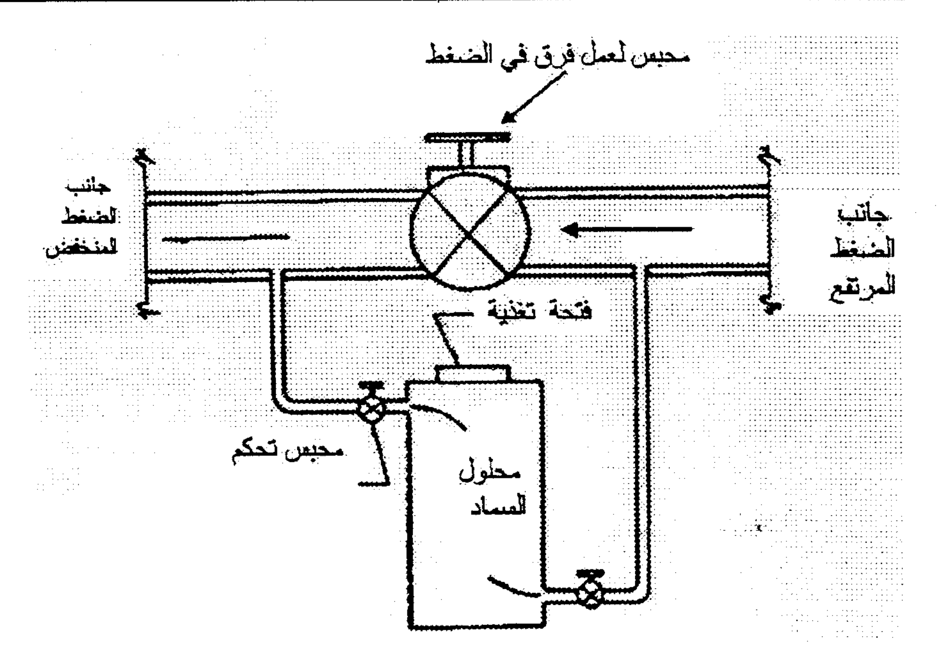
يتم تفريغ السماد من السمادة بعد مرور أربعة أمثال حجمها من المياه.



رسم تخطيطي لجهاز الفنشوري لحقن الأسمدة خلال شبكة الري



توصيل الفنشوري على التوازي مع الخط الرئيسي وأستخدام مضخة لعدم وجود فرق ضغط كافي لتشغيل الفنشوري (٢٠% من ضغط التشغيل)



سمادة فرق الضغط

٣- استخدام طلمبة حقن : Injection Pump

مميزاتها: يمكن التحكم فى تنظيم معدل الحقن وبتركيز ثابت

عيوبها: تحتاج الى مصدر قدرة خارجي ومكلفة وتحتاج الى صيانه أكثر من الطرق الأخرى.

حسابات حقن الكيماويات فى مياه الرى :

إذا كان المطلوب حقن الكيماويات من خلال شبكة الرى Chemigation أو حقن الأسمدة مع مياه الري Fertigation فيجب أولا معايرة جهاز الحقن فإذا كان الجهاز هو جهاز الفنشورى على سبيل المثال فيجب معرفة معدل الحقن عند ضبط الجهاز عند وضع معين وقبل أن تتم عملية الحقن وذلك بتحديد الزمن اللازم لتفريغ تانك التسميد المعلوم الحجم. وبقسمة حجم التانك على زمن التفريغ ينتج معدل الحقن باللتر/ساعة. ويمكن حساب معدل الحقن المطلوب لتسميد مساحة معينة من المعادلة الآتية :

$$q_F = \frac{F_r . A}{T_i . T_r . F_c}$$

حيث :

q_F = معدل حقن الأسمدة (لتر/ساعة).

F_r = معدل التسميد المطلوب (بالكجم/فدان).

A = المساحة المطلوب تسميدها بالفدان

F_c = تركيز السماد بالكجم /لتر

T_i = زمن الرى بالساعات

T_r = نسبة زمن التسميد الى زمن الرى ، ويجب أن تكون حوالى ٥٠% على أساس أن يبدأ دفع الأسمدة فى شبكة الرى بعد مرور حوالى٢٥% من زمن الرى وينتهى دفع الأسمدة قبل ٢٥% من انتهاء زمن الرى. ويرجع السبب في ذلك الي أعطاء فرصة في بداية الري للمياه للوصول الي نهاية الخطوط وأنتظام توزيعها، أما في نهاية الري فيرجع سبب أيقاف الحقن الي أعطاء فرصة لغيسل الخطوط من بقايا الأسمدة.

أما إذا كان المطلوب حساب سعة تنك التسميد المطلوبة فإنه يحسب كالاتى :

$$V = \frac{F_r . A}{F_c}$$

حيث :

V = سعة تانك التسميد باللتر

أما كمية السماد التجارى المطلوب إضافتها الى تنك التسميد فإنها تحسب كالاتى:

$$x = F_c . V$$

حيث :

X = كمية السماد التجارى بالكجم

أما معدل الحقن المطلوب للحصول على تركيز معين للسماد فى مياه الرى فيحسب كالاتى:

$$Q. \frac{PPm}{C. 10^6} = q_F . F_c$$

ويمكن وضع المعادلة السابقة فى صورة أخرى للحصول على كمية السماد التجارى المطلوب إضافته الى تنك التسميد للحصول على تركيز معين من السماد فى مياه الرى:

$$X = \frac{V}{C} . \frac{Q}{q_F} . \frac{PPm}{10^6}$$

حيث:

C = نسبة المادة الفعالة أو عنصر السماد فى السماد التجارى.

PPm = التركيز المطلوب للسماد فى مياه الرى بالجزء فى المليون.

والجزء فى المليون = جرام/م٣ = مللى جرام/لتر.

مثال:

نظام رى بالتنقيط تصرف المضخة فيه ٣٥ لتر/ث (١٢٦٠٠٠ لتر/س) ومعدل الحقن ١٢٠ لتر/س - وكان السماد المستعمل هو اليوريا (٤٦% أزوت) وسعة تانك التسميد ٢٠٠ لتر.

أحسب كمية اليوريا بالكجم المطلوب إضافتها فى تانك التسميد للحصول على تركيز ٨٠ جزء فى المليون من السماد فى مياه الرى.

الحل:

$$X = \frac{V}{C} . \frac{Q}{q_F} . \frac{PPm}{10^6}$$

$$X = \frac{200}{0.46} . \frac{12600}{120} . \frac{80}{10^6}$$

$$X = 36.5 \ kg.$$

مثال على خلط الأسمدة

السماد المستخدم سلفات نوشادر ٢٠,٥ % آزوت (N-20.5%)

نترات بوتاسيوم (N- 13% + K_2O - 46%)

حامض فوسفوريك (P_2O_5-61%) وكثافة الحامض ١,٦٨ جم/سم٣

والمطلوب الحقن في مياه الري بالتركيزات التالية

N = 100 ppm

P_2O_5 = 50 ppm

K_2O = 120 ppm

الحل

معدل حقن نترات البوتاسيوم = ١٢٠÷ ٠,٤٦ = ٢٦١ جم نترات البوتاسيوم / م٣ ماء

وهذا يحتوي علي ٢٦١ × ٠,١٣ = ٣٤ جم نيتروجين

معدل حقن النيتروجين = ١٠٠ – ٣٤ = ٦٦ جم نيتروجين

وبالتالي يكون معدل حقن سلفات النوشادر = ٦٦ ÷ ٠,٢٠٥ = ٣٢١ جم/م٣

معدل حقن حامض الفوسفوريك = ٥٠ ÷ ٠,٦١ = ٨١ جم

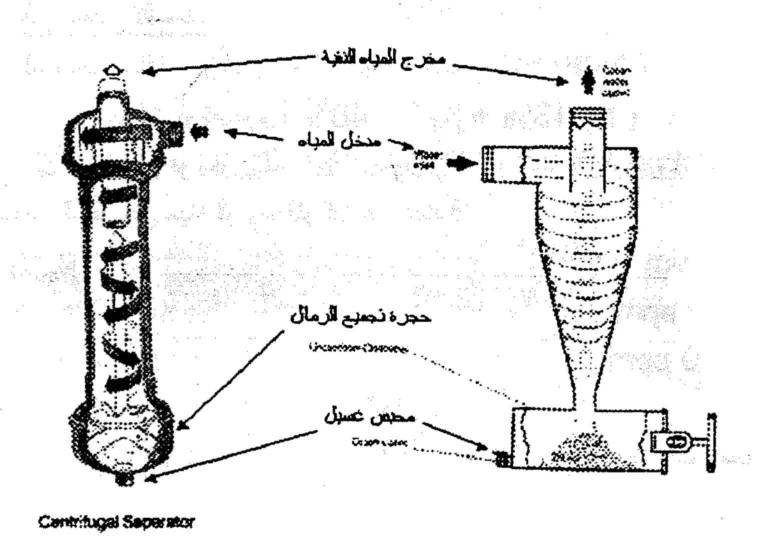
= ٨١ ÷ ١,٦٨ = ٤٨ سم٣ / م٣

أجهزة الترشيح والفلاتر :

أنواع أجهزة الترشيح

١- الفلتر الدوامى الفاصل للرمال Centrifugal separator

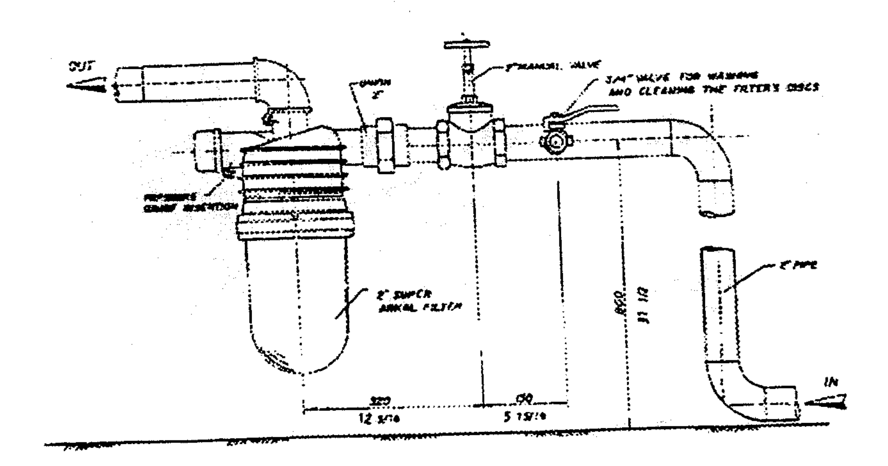
يستخدم فى فصل الرمال والشوائب الأثقل من المياه والتى مقاسها أكبر من ٧٤ ميكرون وهو لا يزيل الشوائب العضوية والفاقد من الضغط خلاله مرتفع ويصل الى ٥ر٠ - ٧ر٠ بار



الفلتر الدوامي الفاصل للرمال أو الهيدروسيكلون

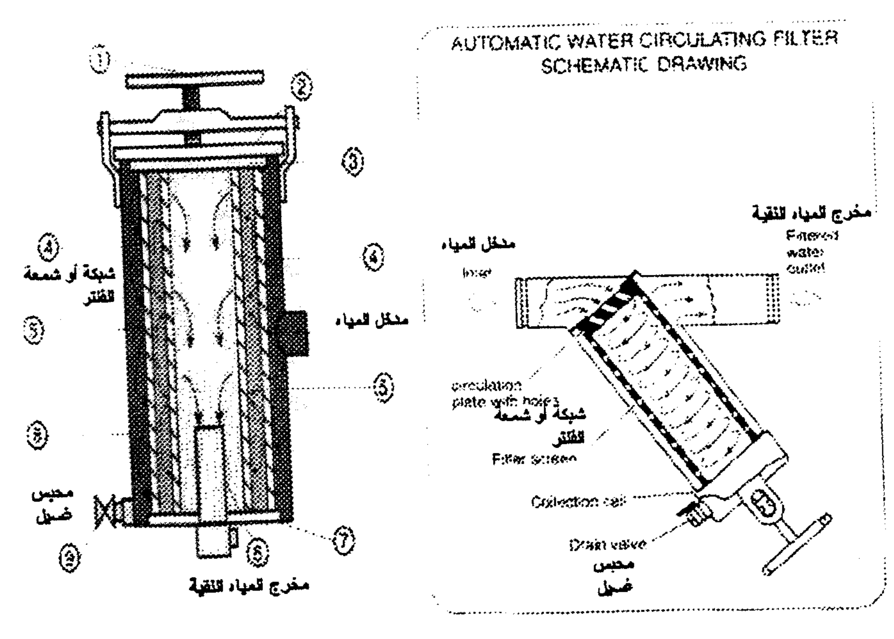
٢- الفلتر الشبكى Screen Filter

يجب أن تحتوى شبكة الرى بالتنقيط على الأقل على فلتر شبكى واحد ومقاس الفتحات فى الشبكة يجب أن تكون من ١/٧ - ١/١٠ من فتحة المنقطات المستعملة ويستخدم غالبا كفلتر ابتدائى لمياه الابار وقد يستخدم بعد فلتر الوسط الرملى ليحجز الشوائب فى حالة عطل الفلتر الرملى أو هروب بعض الشوائب منه. وهو يزيل الرواسب الغير عضوية مثل الرمل والسلت وتتراوح الفتحات المكونة له من ٧٤ ميكرون الى ٨٤٠ ميكرون.

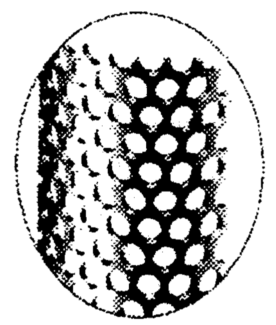


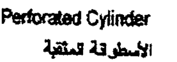
الطريقة النمطية لتوصيل الفلتر الشبكي أو القرصي بخط الري

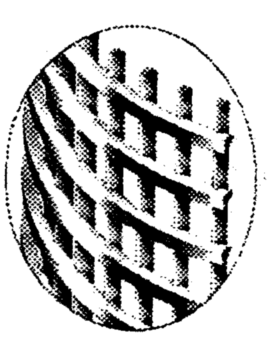
المصدر ARKAL FILTRATION SYSTEM



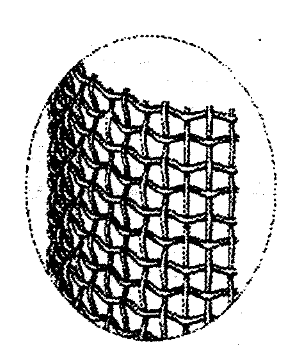
الفلتر الشبكي







Wedgewire screen
شبكة خطوط متقاطعة



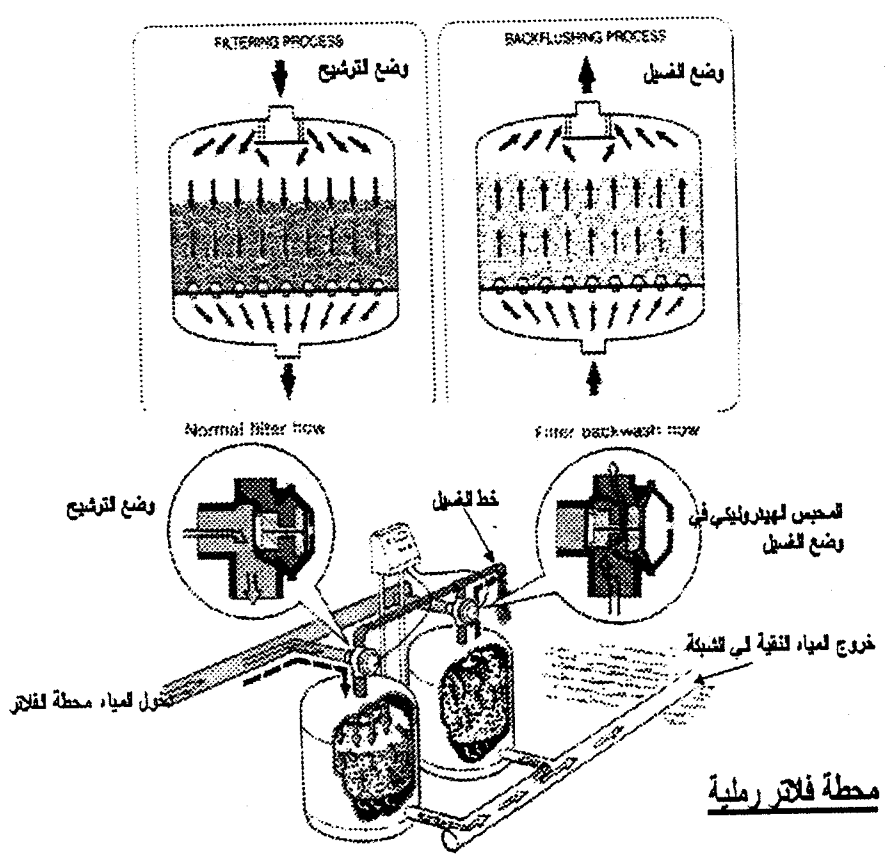
Weavewire screen
شبكة نسيجية

Standard filtration degrees الأنواع المختلفة لشبكة الفلتر الشبكي

Cleaning method	Stainless steel brushes							Suction scanner								
Screen type	Perforated cyl.			Wedgewire Screen				Weavewire Screen								
micron	3500	2500	1500	800	500	300	200	500	300	200	130	100	80	50	25	10
mm	3.5	2.5	1.5	0.8	0.5	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2	0.13	0.1	0.08	0.05	0.02	0.01
mesh	4	6	10	20	30	50	75	30	50	75	120	155	200	300	450	600

٣- فلتر الوسط الرملى Sand Media Filter

يستخدم للمياه السطحية فى الترع والخزانات والتى تحتوى على شوائب عضوية وأيضا تحجز الرمال. كلما قل التصرف وقل مقاس الرمال المستعملة كلما زادت كفاءة الفلتر وكلما قل مقاس الرمال كلما زاد الفقد فى الضغط خلال الفلتر. وتدخل المياه الفلتر من أعلي وذلك أثناء وضع الترشيح وعند غسيل الفلتر من الشوائب المتركمة داخله يتم عكس أتجاه السريان كما في الشكل لتحمل المياه معها الشوائب الي خارج الفلتر وغالبا ما يستخدم محبس هيدروليكى ثلاثي الأتجاه للقيام بعملية الغسيل. وتتم عملية الغسيل بطريقتين: الأولى علي أساس الزمن كأن يتم الغسيل لمدة ٣ دقائق كل ٣ ساعات، والثانية علي أساس الفاقد في الضغط خلال مرور المياه عبر الفلتر، فأذا بلغ الفاقد في الضغط عبر الفلتر حد معين ٠,٧ بار مثلا تبدأ عملية الغسيل.



محطة فلاتر رملية

ويعرف الفلتر الرملي بقطر التنك بالبوصة، فاذا قيل فلتر ٣٦ فمعني ذلك أن قطر التنك ٣٦ بوصة. والجدول التالي يوضح بعض مواصفات الفلاتر الرملية الشائعة الأستخدام

Φ inches	A_F (m^2)	F m^3/hr	F_B m^3/hr	T_{Bmin}(minutes)	T_{Bmax}(minutes)
20	0.2	14	4.2	2	5
36	0.6	44	13	2	5
48	0.96	69	2.1	2	5

حيث Φ قطر الفلتر بالبوصة

F_B تصرف مياه الغسيل م٣/س Back flushing flow

T_B زمن الغسيل بالدقيقة Back flushing Time

F أقصي تصرف يمر خلال الفلتر أثناء الترشيح م٣/س

A_F مساحة الترشيح للفلتر م٢

وتحسب المساحة الترشيحية للفلتر بدلالة قطر الفلتر ولنأخذ مثال لحساب المساحة الترشيحية للفلتر ٣٦ بوصة كما يلي

$$A_F = \left(\frac{36 \times 2.5}{100}\right)^2 \frac{\pi}{4} = 0.6 m^2$$

ويحسب أقصي تصرف F للفلتر علي أساس ٧٢ م٣/س لكل متر مربع من المساحة الترشيحية للفلتر كما يلي

$$F = A_F \times 72$$

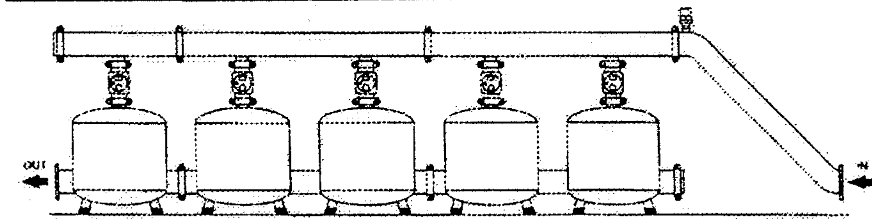
كما يتم حساب تصرف الغسيل علي أساس ٣٠% من اقصي تصرف للفلتر أثناء الترشيح كما يلي

$$F_B = F \times 0.30$$

وبصفة عامة يتراوح تصرف الفلتر بين ٤٢ – ٧٢ م٣/س لكل م٢ من مساحة الترشيح وذلك حسب نوعية المياه بمتوسط ٦٠ م٣/س . م٢ .ويتم تغيير رمال الفلتر كل سنتين ويتم غسيل الفلتر بمرور المياه في الأتجاه العكسي كل ٣ ساعات تشغيل وذلك حسب نوعية المياه.

المواصفات الفنية لبعض الفلاتر الرملية المتوافرة في للأسواق

الصفة	قطر الفلتر (بوصة)			
	16	20	36	48
مساحة الترشيح (م٢)	0.130	0.200	0.651	1.162
أقصي ضغط (بار)	8.2	8.2	8.2	8.2
وزن الميديا (كجم)	77	114	355	591



محطة فلاتر رملية تتكون من ١٠ فلاتر مرتبة في صفين

التصرف المار في الفلتر م٣/س للحصول علي درجة ترشيح معينة

مقاس رمال السليكا المستخدمة

مقاس رمال السليكا	رقم المش	م٣/س. م٢	١٦بوصة	٢٠ بوصة	٣٦ بوص	٤٨ بوصة
1.2 -1.4 mm	140	73	8	12	40	71
0.8 - 1 mm	180	61	6	10	32	57
0.5 - 0.7 mm	220	49	5	7	24	43

يراعي تخفيض التصرف بنسبة ٢٠%dirty في حالة أستخدام مياه ذات نوعية رديئة

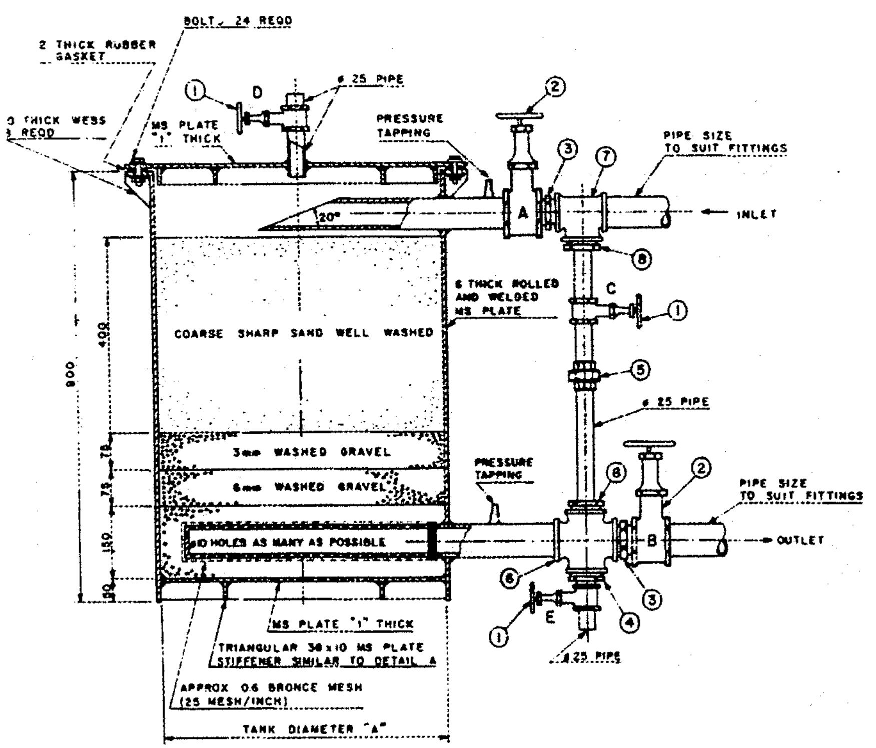
تصرف محطات الفلاتر المختلفة م٣/س

المحطة	١٦ بوصة	٢٠ بوصة	٣٦ بوصة	٤٨ بوصة
2 units	13 -19	18 - 27	64 - 95	114 - 170
3 units	19 - 29	27 - 41	95 - 143	170 - 256
4 units		36 - 55	127 - 191	227 - 341
5 units			159 - 239	284 - 415
6 units			191 - 286	341 - 511
8 units				455 - 682
10 units				567 - 852
12 units				682 - 1023

٤ ـ فلتر الوسط الرملي المحلي

تصميم لفلتر رملي يمكن تصنيعه محليا – المصدر كتاب الفاو رقم ٣٦

FAO :Irrigation and Drainage Papers # 36. Localized Irrigation. 1980. page 199.



DETAIL A

TANK ø "A" (mm)	FLOW (l/sec)	MIN PLATE THICKNESS 'i' (mm)	BOLT ø (mm)	BOLT HOLE ø (mm)	DESCRIPTION	GATE VALVE	GATE VALVE	NIPPLE	NIPPLE	UNION	CROSS	TEE	BUSH
					ITEM NUMBER	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
					NUMBER REQD	3	2	2	1	1	1	1	2
400	5	8	M 10	12	NOMINAL SIZE (mm)	25	25	25	25	25	25	25	NIL
450	7·5	8	M 10	12		25	32	32	32x25	25	32	32	32x25
500	10	10	M 12	15		25	38	38	38x25	25	38	38	38x25
600	12·5	10	M 12	15		25	50	50	50x25	25	50	50	50x25
SCHEDULE													

تصميم لفلتر رملي يمكن تصنيعه محليا – المصدر كتاب الفاو رقم ٣٦

FAO Irrigation and Drainage Papers # 36. Localized Irrigation. 1980. page 199.

- أحواض الترسيب Selting Basins :

تستخدم أحواض الترسيب فى ترويق المياه وخاصة عندما تحتوى المياه على أحمال كبيرة من الشوائب العالقة والتى تشكل حملا زائدا على الفلاتر الرملية والشبكية . وأيضا قد تسبب تآكل لمروحة المضخة . وتستخدم أيضا أحواض الترسيب لإزالة الكبريتات الذائبة Soluble sulfides والمعادن الثقيلة Heavy Metals مثل الحديد والمنجنيز والتى تسبب انسداد المنقطات. وذلك باكسدتها وترسيبها حيث يمكن التخلص منها بالترشيح قبل دخولها خطوط التنقيط. وفى أحواض الترسيب قد تظهر بعض المشاكل مثل نمو الطحالب ولكن يمكن التغلب عليها باستمرار باستخدام المبيدات. وأيضا عندما تهب الرياح المحملة بالرمال فإن الرمال تترسب فى الحوض.

الإجراءات اللازمة لتقليل أخطار الانسداد:

١- استخدام نظام متكامل من أحواض الترسيب والفلاتر الرملية والشبكية فأحواض الترسيب تخفض حمولة المياه من الرواسب ذات الأقطار الكبيرة أما الفلاتر الشبكية لا تستطيع استيعاب جزء من الرمال وكذلك السلت والطين ولا تستطيع استبعاد الطحالب . فالفلاتر الشبكية تتكون من شباك معدنية أو من النايلون ذات معينة (رقم مش معين Mesh No). أما الفلاتر الرملية فمادة الترشيح بها غالبا من السيليكا أو الجرانيت المجروش وتستطيع المرشحات الرملية استبعاد الحبيبات الأكبر من ٢٠ ميكرون . وحتى يكون الترشيح خلال المرشح الرملي ذات فاعلية فيجب آلا يتعدى تصرف المرشح ٦٠ م٣/ساعة لكل متر مربع من مساحة الترشيح (٢٥ جالون في الدقيقة لكل قدم مربع) حيث يبلغ ٧٠ م٣/س.م٢ للمياه النظيفة ويتدرج إلى ٤٠ م٣/س.م٢ للمياه المحملة بالشوائب ذات النوعية الرديئة. هذا ويجب أن يكون قدرة المرشح الرملي والمرشح الشبكي مطابقا لنوع المنقط وجودة المياه. ويجب تنظيف المرشحات كلما تطلب الأمر وذلك يتضح من قراءة عدادات الضغط المركبة عند مداخل ومخارج المرشحات وذلك للحفاظ على سريان المياه خلال الشبكات وعدم رفع فاقد الضغط للمياه.

وفاقد الضغط الموصى به عندما يكون الفلتر نظيفا قد يتراوح من ٣ر ٠ إلى ٥ر ٠ بار وعندما تقل نظافة الفلتر يزداد الفاقد في الضغط فقد يتراوح بين ٦ر. إلى ٨ر ٠ بار أو حسب تعليمات التشغيل للشركه الصانعة ويجب فتح غطاء الفلتر الرملي شهريا والتأكد من مستوى الوسط الرملي داخله عند العلامة المقررة له وإذا كان يحتاج إضافة أم لا ودرجة نظافته وكذلك يجب التأكد من عدم وجود تسرب مياه من وصلات الفلتر.

وإذا كانت جودة المياه قليلة يجب استخدام منقطات ذاتية الغسيل Self Flushing emitters حيث تتسع مخارجها عند الضغط القليل فى بداية التشغل وفى نهايته فتطرد الرواسب. وللإقلال من عملية الأنسداد تركب تجهيزات غسيل عند نهايات الخطوط الفرعية والمشعبات وحديثا يتم تركيب خط مواسير تنتهي إليه كل نهايات خطوط التنقيط ليعمل كمجمع للرواسب ويزود في نهايته بمحبس غسيل لكي يتم توفير عمالة غسيل كل خط بمفرده بالإضافة إلى معادلة ضغط الخطوط.

٣- وللتغلب على الرواسب الكيماوية يضاف حمض الفوسفوريك أو النيتريك بمعدل يتراوح بين ١,٠ - ٦ر٠ % لمدة ٥ - ١٥ دقيقة في نهاية الري للتخلص من رواسب الكربونات ورواسب الحديد، وهذا الحامض غير ضار بالتربة بل يستخدم كمصدر للتسميد بعنصر الفوسفور أو النيتروجين اللازم لتغذية النبات. ويعتمد زمن حقن الحامض على زمن وصول المياه من جهاز الحقن إلى أبعد نقطة في الشبكة حيث يتم إيقاف الري بعد ذلك لإعطاء فرصة للحامض في إذابة الرواسب آلتي يتم التخلص منها بغسيل الشبكة في اليوم التالي بفتح نهايات الخطوط.

٤- في حالة معالجة المياه الجوفية العسرة يضاف هيبوكلوريك الصوديوم حيث يقوم بترسيب الكالسيوم قبل دخول المياه الشبكة. ويمكن تهديه المياه وتسكينها لأكسدة أكسيد الحديدوز إلى أكسيد حد يديك وترسيبه قبل دخوله الشبكة.

٥- وللتغلب على المشاكل الناتجة عن الانسداد بالعوامل الحيوية بالاضافه إلى استعمال المرشحات الرملية تقوم بإضافة الكلور لمقاومة الطحالب بتركيز ٥ ر٠ - ١ جزء في المليون باستمرار أو ٢٠ جزء في المليون لمدة ٢٠ دقيقة عند الصيانة. ولمقاومة بكتيريا الحديد يستعمل تركيز ١ جزء في المليون مضافا إلى تركيز الحديد في مياه الري. ولمقاومة العوالق البكتيرية اللزجة Slime يضاف تركيز ١ جزء في المليون لمياه الري.

٦- خراطيم خطوط التنقيط و كذلك المنقطات سوداء اللون حتى لا يتخللها الضوء وذلك للإقلال من نمو معظم الطحالب داخل الخراطيم والمنقطات.

٧- يجب قياس انتظام توزيع المياه عبر المنقطات من وقت لآخر ويجب ألا تقل كفاءة توزيع المياه Eu عن ٨٥% كذلك يجب ملاحظة المنقطات من وقت لآخر لتسليك المسدود أو إصلاح العيوب أو استبداله خصوصا المنقطات المعوضه للضغط Pressure Compensating حيث يفقد غشاؤها المرن مرونته مع الوقت بسبب ترسيبات الطين والسلت والمواد الكيماوية.

٨- فى حالة وجود فروق فى مناسيب الأرض يجب استخدام منظمات الضغط عند القطع المختلفة لتوزيع الضغوط بالتساوى على جميع وحدات الشبكة كما يفضل استخدام منقطات معوضه للضغط أى ثابتة التصرف رغم اختلاف الضغط .

٩- الأبتعاد عن استخدام الحديد وغيره من المعادن التيتصدأ أو التى تتفاعل مع مكونات الماء لينتج عنها رواسب تسبب الأنسداد.

ضبط شبكة الري بالتنقيط لتلبية الأحتياجات المائية للمحصول

يمكن حساب الأستهلاك المائي للشجرة باللتر في اليوم كما يلي :-

$$Liter / day = ET_o \times K_c \times \frac{\pi}{4} D^2$$

حيث ET_o البخر نتح القياسي مم/يوم

K_c معامل المحصول

D قطر المساحة التي تظللها الشجرة وقت الظهيرة بالمتر المربع

أما زمن الري مقدرا بالساعة في اليوم فيحسب كما يلي :-

$$T_i = \frac{Liter/day}{n \times q \times E_a}$$

حيث n عدد النقاطات للشجرة الواحدة

q تصرف النقاط لتر/س

Ea كفاءة الري بالتنقيط

مثال :-

أحسب كمية المياه التي تستهلكها شجرة موالح تظلل مساحة قطرها ٥ متر أذا كان معامل المحصول ٠,٧ والبخر نتح القياسي ٧ مم/يوم . أحسب أيضا زمن الري في اليوم أذا كان عدد النقاطات المستخدمة للشجرة الواحدة ٤ نقاطات وتصرف النقاط ٤ لتر/س وكفاءة نظام الري ٨٥%.

$$Liter/day = 7 \times 0.7 \times \frac{\pi}{4}(5)^2 = 96.2$$

$$T_i = \frac{47.14}{4 \times 4 \times 0.85} = 3.47 \cong 3.5 hrs$$

في المثال السابق أذا كانت الأشجار تزرع علي مسافات ٥ × ٥ متر فأن الفدان يحتوي علي ٤٢٠٠ ÷ (٥×٥) = ١٦٨ شجرة ويكون الأستهلاك المائي للفدان يساوي ١٦٨ × ٩٦,٢ = ١٦١٦١,٦ لتر/فدان = ١٦,٢ م٣/فدان في اليوم وبذلك تكون الأحتياجات المائية لفدان الموالح علي أساس كفاءة ري ٨٥% تساوي ١٦,٢ ÷ ٠,٨٥ = ١٩ متر مكعب للفدان في اليوم مع ملاحظة أننا أهملنا الأحتياجات الغسيلية اللازمة لغسيل الأملاح من منطقة الجذور أما في حالة أعتبار الأحتياجات الغسيلية وعلي سبيل المثال أذا كانت الأحتياجات الغسيلية ١٢% فأن الأحتياجات المائية في هذه الحالة تزيد وتصبح

١٩ ÷ (١ – ٠,١٢) = ٢١,٦ م٣/فدان يوم وتكتب معادلة حساب زمن الري كما يلي :-

$$T_i = \frac{Liter/day}{n \times q \times E_a (1 - LR)}$$

ارشادات عامة لتشغيل وصيانة اجهزة الرى بالتنقيط

بافتراض أنه تم التصميم الهندسى لنظام الرى بالتنقيط لتصرف معين من المياه وكذا حسبت قدرة الطلمبه وأقطار شبكة المواسير والفلاتر والتصرف الناتج عن فتح أو قفل عدد معين من المحابس فى وقت واحد ، لذا يجب على القائم بالتشغيل أن يلم بتوزيعة المحابس التى يلزم فتحها أو اغلاقها فى كل وضع للرى للحصول على أفضل النتائج من النظام كما يجب عليه معرفة كافة التفاصيل التى على لوحة التصميم.

أى أن القائم بالتشغيل يجب عليه أن يلم بكل أجزاء النظام ووظيفة كل جزء للتأكد من سلامة عملية التشغيل باستمرار ، فمثلا يجب الآتى :

١- يجب العناية عند تركيب الخطوط وذلك بالتخلص من الشوائب والأتربة ودفعها خارج المواسير والنظافة التامة أثناء عمليات اللصق أو التركيب.

٢- عند تجميع أجزاء شبكة الرى مثل منظمات الضغط والفلاتر وأجهزة حقن الأسمدة.. الخ. يوجد سهم فى مكان ما على هذه الأجزاء يشير دائما الى اتجاه سريان المياه ولذا يجب مراعاة ذلك عند التركيب والتأكد من أن اتجاه السهم هو اتجاه سريان المياه من المضخة الى الخطوط.

٣- عند توصيل الوصلات ذات الأسنان يجب استخدام شريط تيفلون Teflon tape يلف حول الأسنان وذلك لمنع التسرب.

٤- يجب أن تظل محابس الهواء نظيفة حتى لا تسد فتحاتها وتعطل عملها.

٥- يجب تغيير الجوانات التالفة حتى تتجنب غمر المنطقة المحيطة لها بالمياه أو غمر منطقة الوصلات الكهربائية بجوار الطلمبة ولذا يجب على القائم بالتشغيل المرور فى المزرعة قبل تشغيل النظام للكشف على المواسير المحطمة أو التالفه أو أنابيب المنقطات المقطعه لتجنب حدوث تلف للزراعات المحيطة أو تجريف التربة أو تبديد المياه.

٦- يراعى دائما ملئ شبكة الرى بالماء تدريجيا حتى يسمح للهواء بالخروج من شبكة المواسير لتجنب حدوث صدمات مائية (طرق المياه) قد تتلف الشبكة.

٧- إذا لوحظ فقد فى الضغط من خلال الفلتر بعد انتظام الضغط فى النظام لأكثر من

٤ر٠ بار فلا بد من عمل غسيل للفلاتر يدويا بالضغط على زر الغسيل اليدوى فى لوحة التشغيل مع ملاحظة معدل التصرف للغسيل كما هو مدون فى قائمة المواصفات للتأكد من الغسيل الجيد للفلاتر وأن مياه الغسيل تحتوى على كمية ضئيلة من رمل الفلتر ومراعاة الكشف الشهرى على مستوى الرمل داخل الفلاتر حتى مكان العلامة المقررة.

٨- يتم غسيل خطوط المواسير الفرعية أثناء الرى أسبوعيا على الأقل أو مرتين فى حالة زيادة نسبة العوالق ولمدة من ٢ - ٤ دقائق على أن يتم غسيل خط فرعى واحد فى كل حوشه فى نفس الوقت مع فتح المحبس تماما مع مراعاة أن يتم غسيل الخطوط الفرعية أولا ثم يعقبها خطوط التنقيط وليس العكس.

٩- يتم غسيل خطوط الخراطيم المركب عليها منقطات باستمرار كلما دعت الحاجة، حيث أن هذه الخطوط هى نهاية المطاف لمياه الرى فإنها

تستقبل كمية كبيرة من حبيبات الطمى الدقيقة والتى تمر من خلال الفلاتر وترتكز فى تلك الخطوط وخاصة فى آخر خط فى كل حوشه وفى الثلث الأخير من كل خط وعليه يجب توالى عمليات الغسيل مرتين فى الشهر بفارق حوالى أسبوعين ويتم ذلك بفتح طبات النهاية لعدد لا يزيد عن ٥- ١٠ طبات فى الوقت الواحد لضمان غسيل جيد لخطوط البولى ايثيلين والاستمرار فى الغسيل حتى تصبح المياه نظيفة . ويجب عدم فتح طبات النهاية مرة واحدة لكل الخطوط لأن ذلك سيضعف عملية الغسيل وكذا عدم غسيل الخط الفرعى وخطوط المنقطات فى نفس الوقت حتى لايقلل من سرعة المياه التى تقوم بعملية الغسيل.

تقييم نظم الرى بالتنقيط

Drip Irrigation Evaluation

تقييم نظم الرى هو تحليل للنظام ويعتمد على القياسات التى تتم فى الحقل تحت الظروف والممارسات التى تستخدم عادة. ويهدف تقييم النظام الى الآتى :

١- تحديد كفاءة النظام كما هو بحالته الراهنة

٢- تحديد كيفية تشغيل النظام بكفاءة واماكنية تحسينه.

٣- الحصول على معلومات تساعد فى تصميم أنظمة اخرى.

٤- الحصول على معلومات تفيد فى مقارنة طرق ونظم مختلفة وطرق تشغيل مختلفة كأساس لاتخاذ قرارات اقتصادية سليمة.

وتتم عملية التقييم فى الحقل حسب الخطوات الآتية:

١- اختار قطعة على الخط الرئيسى لها محبس مستقل يمثل الضغط فيها الحالة المتوسطة لمختلف القطع المكونة للنظام.

٢- عين ٤ خطوط تنقيط على الخط تحت الرئيسى بحيث يكون خط التنقيط الأول فى بداية القطعة وخط التنقيط الثانى يقع فى الثلث الاول من المسافة على خط المشعب وخط التنقيط الثالث عند ثلثى المسافة وخط التنقيط الرابع عند نهاية خط المشعب.

٣- يتم قياس الضغوط عند بداية خط التنقيط ونهايته وذلك للأربعة خطوط المختارة سابقا.

٤- على كل خط تنقيط اختار منقطين متجاورين فى أرابعة مواقع على خط التنقيط هى: البداية - الثلث الأول من الخط - الثلث الثانى من الخط - نهاية الخط.

٥- يتم قياس تصرف المنقطات المختارة سابقا وذلك بتجميع المياه فى مخبار مدرج لزمن ١ أو ٢ أو ٣ دقائق وذلك لتجميع حجم يتراوح من ١٠٠ الى ٢٥٠ مل (سم٣) لكل منقط.

٦- تدون هذه القياسات فى جدول للبيانات.

٧- أحسب التصرف المتوسط لكل منقطين متجاورين.

٨- أحسب متوسط أقل ٤ تصرفات بين كل التصرفات المحسوبة وعددها ١٦ تصرف.

٩- أحسب المتوسط العام لكل التصرفات (١٦ تصرف).

١٠- أحسب معامل انتظام توزيع المياه المنبعثة من المنقطات :

$$\text{معامل الانتظام } E_u = \frac{\text{متوسط اقل اربعة تصرفات}}{\text{المتوسط العام لتصرف المنقطات}} \times ١٠٠$$

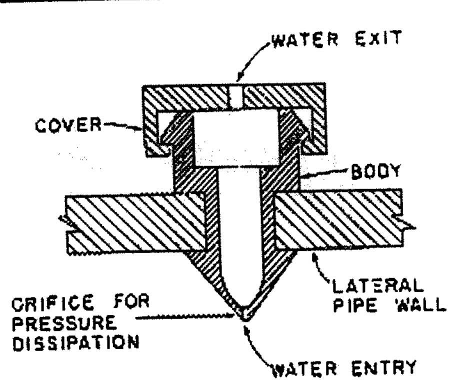
١١- تحسب كفاءة إضافة المياه Ea بضرب معامل الأنتظام فى نسبة تقريبية وهى ٩ر٠ على أساس أن الفاقد فى التسرب العميق والبخر والفواقد فى الجريان السطحى قليلة ولا تتعدى ١٠%.

تصميم نظم الري بالتنقيط

Trickle Irrigation Systems Design

معادلات تصميم النقاطات

١- النقاطات ذات الفتحة الضيقة **Orifice emitters**



يصنف السريان فى المنقطات ذات الفتحات الضيقة بأنه سريان كامل الاضطراب fully turbulent flow وتكون المعادلة على الصورة التالية:

$$q = C_o A \sqrt{2gh}$$

وبكتابة المعادلة مع مراعاة الوحدات

$$q = 3.6\, C_o A \sqrt{2gh}$$

$$q = 7.51 d^2 \sqrt{h}$$

حيث: q : تصرف النقاط لتر/س.

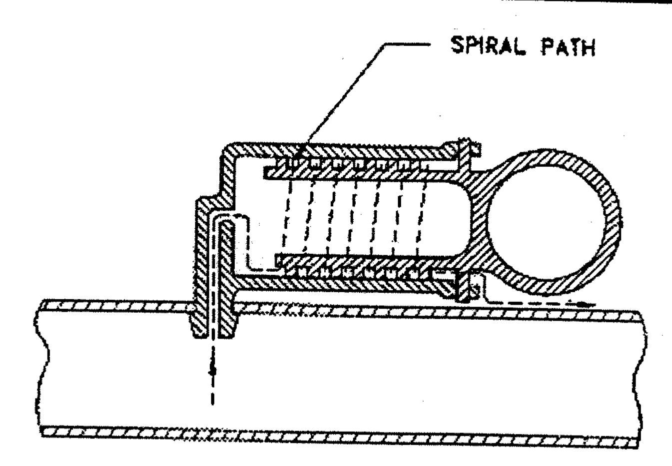
A : مساحة فتحة النقاط مم². d : قطر الفتحة مم

C_o : معامل الفتحة ويساوى $C_o = 0.6$.

g : عجلة الجاذبية الأرضية ٩,٨ م/ث².

h : ضاغط تشغيل النقاط متر.

٢- النقاطات ذات المسار الطويل **Long-path emitters**



قد يصنف السريان داخل النقاطات ذات المسار الطويل بأنه رقائقى أو اضطرابى وبكتابة معادلة دارسى وايزباك

$$H = f\,\frac{L}{D}\,\frac{v^2}{2g}$$

وبالتعويض عن السرعة $v = \dfrac{q}{A}$

$$q = A\sqrt{2g\frac{HD}{fL}}$$

بمراعاة الوحدات

$$q = 0.11384\ A\left(2g\frac{HD}{fL}\right)^{0.5}$$

حيث: q : تصرف النقاط لتر/س.

A : مساحة مقطع مسار السريان (مم²).

L : طول مسار المياه داخل النقاط (متر)

H : ضاغط تشغيل النقاط (متر).

D : قطر مسار النقاط (مم)

أما قيمة f معامل الاحتكاك فيعتمد على رقم رينولدز Re حيث أن رقم رينولدز يساوى فى حالة سريان المياه عند درجة ٢٠°م

$$Re = \frac{364\ q}{D}$$

حيث: q : تصرف النقاط لتر/س.

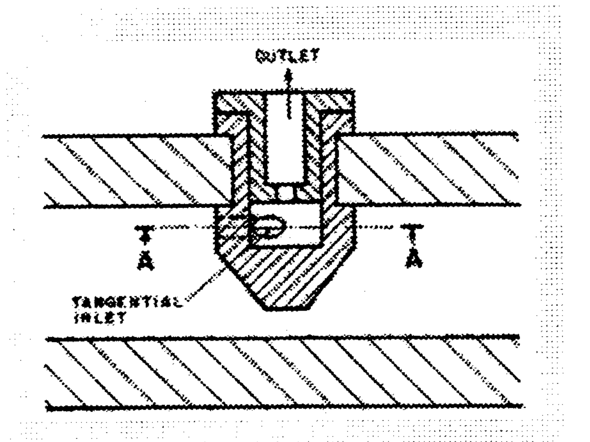
D : قطر مسار النقاط (مم).

$$f = \frac{64}{Re} \qquad Re \le 2000$$

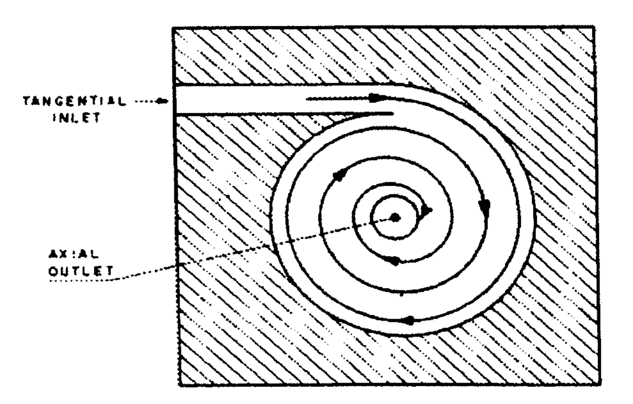
$$f = \frac{0.316}{Re^{0.25}} \quad \text{for} \quad 10^5 < Re > 2000$$

smooth pipe

٣- النقاطات الدوامية Vortex emitters



A – A



تستخدم المعادلة التالية للنقاطات الدوامية وأيضا للرذاذات sprayers

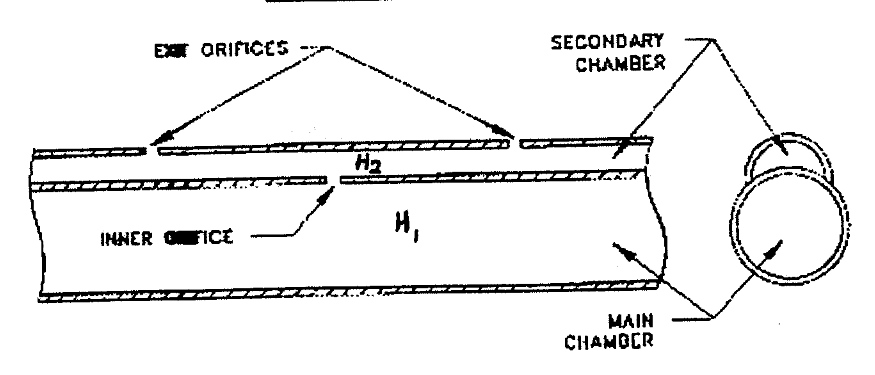
$$q = 3.6\ C_o\ A\sqrt{2g}\,H^{0.4}$$

حيث: $C_o = 0.4$

q : تصرف النقاط لتر/س.

H : ضاغط تشغيل النقاط (متر).

٤- الأنابيب المزدوجة Twin-chamber tubing



$$q = 3.6\ C_o\ A\sqrt{2g(H_1 - H_2)}$$

H_1: ضاغط التشغيل داخل الأنبوب الداخلى (متر)

H_2: ضاغط التشغيل داخل الأنبوب الخارجى (متر)

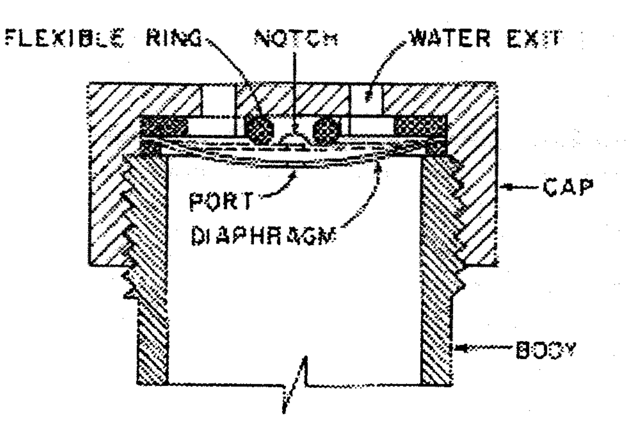
$$H_2 = \frac{H}{1+m}$$

m: عدد الفتحات فى الأنبوب الخارجى المقابل لفتحة واحدة فى الأنبوب الداخلى.

A: مساحة مقطع الفتحة فى الأنبوب الداخلى.

q: تصرف الفتحة فى الأنبوب الداخلى.

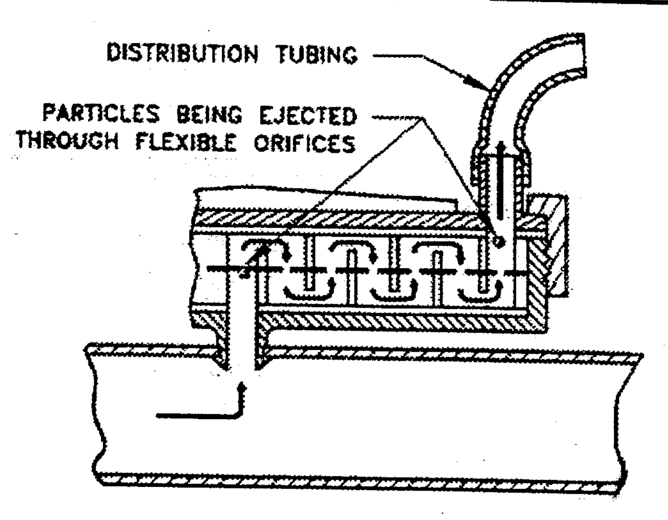
٥- النقاطات المعوضة للضغط Compensating emitters



يعتمد التصرف فى هذا النوع من النقاطات على خواص المادة المطاطية حيث أن قيمة x تتراوح بين صفر إلى ٠,٥ فى معادلة التصرف

$$q = 3.6\ C_o\ A\sqrt{2g}\ H^x$$

٦- نقاطات ذاتية التنظيف Flushing emitters



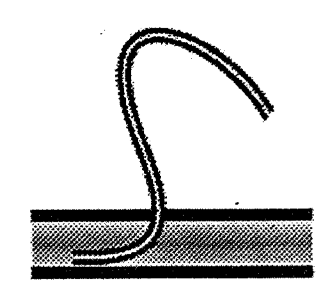
$$q = 3.6\ C_o\ A\sqrt{2g}\left(\frac{H}{m'}\right)^{0.7}$$

حيث: m': عدد الفتحات المرنة على التوالى داخل النقاط

of flexible orifices in series in the emitters

C_o: معامل الفتحة وتتراوح قيمته من ٠,٦ إلى ١.

٧- الأنابيب الرفيعة أو الاسباجيتى Micro or spaghetti tube



توجد معادلات تجريبية لإيجاد التصرف فى الأنابيب الرفيعة فى حالة السريان الرقائقى وفى حالة السريان الاضطرابى.

$$q = 1.272\ D^{2.7}\left(\frac{H}{L}\right)^{0.8}$$ للسريان الرقائقى

$$q = 1.776\ D^{2.7}\left(\frac{H}{L}\right)^{0.58}$$ للسريان الاضطرابى

حيث: q : تصرف النقاط لتر/س.

D : قطر الأنبوبة (مم)

H : الفاقد فى الضاغط خلال الأنبوبة (متر).

L : طول الأنبوبة (متر)

ويجب هنا التنويه بأنه في حالة استخدام بداية خط لتوصيل الأنبوبة بالخط فإن المعادلات السابقة قد لا تعطى القيمة الصحيحة للتصرف لأن القطر الداخلي للأنبوبة لا يتساوى مع القطر الداخلي لفتحة بداية أو قاعدة الاسباجتى لذلك

يمكن استخدام معادلة إيجاد التصرف للفتحات الضيقة أو بدلالة سرعة المياه داخل الأنبوبة كما يلي:

$$q = 2.827\ D^2\ V$$

حيث: q : تصرف النقاط لتر/س.

D : قطر الداخلى للأنبوبة (مم)

V : سرعة المياه داخل الأنبوبة ٠,٥ – ١,٥ م/ث.

أجهزة حقن الأسمدة

أ - سمادة فرق الضغط

١- العلاقة بين حجم السمادة وزمن التسميد ومعدل الحقن

هذه العلاقة ترتبط تماماً بمعدل انخفاض تركيز السماد داخل السمادة فإذا فرض سمادة حجمها V معدل حقن q وتركيز السماد الابتدائى فى السمادة C_o فإن زمن الحقن ينتهى عند انخفاض تركيز السماد فى السمادة إلى أقل حد ممكن وعمليا ممكن القول أن زمن التسميد يساوى زمن تخفيض تركيز الأسمدة ٩٨% من تركيزها الابتدائى.

$$V.\frac{dc}{dt} = q\,.\,C$$

$$\int_{C_o}^{C_t} \frac{1}{C}\,dC = \int_{o}^{t} \frac{q}{V}\,dt$$

$$\ln\frac{C_t}{C_o} = -\frac{q\,t}{V}$$

$$\frac{C_t}{C_o} = e^{-\frac{qt}{V}}$$

وبالتعويض فى المعادلة عن تركيز السماد ٠,٠٢ نجد أن زمن التسميد يساوى:

$$\ln(0.02) = -\frac{q\,t}{V}$$

$$-4 = -\frac{q\,t}{V}$$

أى أنه يتم تفريغ السماد من السمادة بعد مرور أربعة أمثال حجمها من المياه

$$t_f = \frac{4\ V}{q}$$

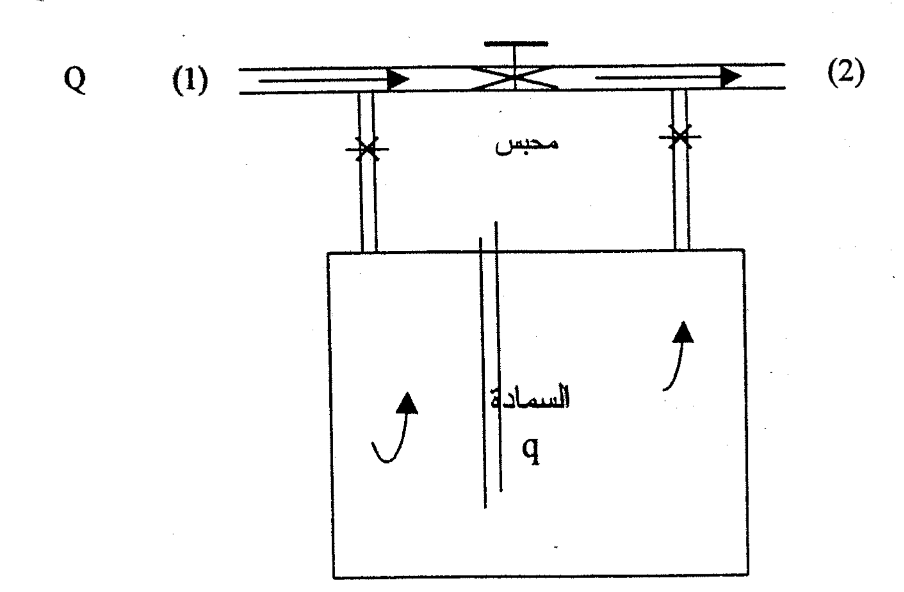
مثال:

سمادو حجمها ١٢٠ لتر معدل الحقن لها ٣٢٠ لتر/س أوجد من التسميد (زمن تفريغ السماد من السمادة).

$$t_f = \frac{4\ V}{q} = \frac{4 \times 120}{320} = 1.5\ \text{hrs}$$

٢- العلاقة بين فرق الضغط ومعدل الحقن

فروق الضغط الذى يحدث نتيجة غلق المحبس جزئياً يتسبب فى سريان المياه للسمادة حيث أن السمادة تركب على التوازى مع خط الرى وحيث أن فرق الضغط بين نقطى دخول المياه للسمادة وخروجها يتساوى مع فرق الضغط الذى يحدثه غلق المحبس جزئياً على خط الرى والذى يتسبب فى مرور المياه للسمادة حيث يتم تقسيم تصرف الخط إلى جزئين جزء يمر خلال المحبس والجزء الآخر خلال السمادة بحيث يتساوى فرق الضغط بين نقطة الدخول والخروج حيث تعتبر هذه الأنابيب موصلة على التوازى كما فى الشكل



فعند النقطة (١) يتفرع تصرف المياه Q إلى جزئين جزء يمر فى السمادة q والجزء الآخر خلال المحبس Q - q ثم يلتقى التصرف من خلال الفرعين عند النقطة (٢) ليصبح Q مرة أخرى وتعتمد قيمة q على مقدار غلق المحبس على الخط الرئيسى فكلما زاد الغلق زاد الفاقد فى الضغط خلال المحبس وبالتالى يزيد مقدار التصرف المار خلال السمادة q حيث أن التصرف يتوزع بحيث يتساوى فرق الضغط بين النقطة (١) والنقطة (٢) فإذا زاد الفاقد فى الضغط خلال المحبس يزيد مقدار التصرف خلال السمادة لكى يحدث زيادة فى مقدار الفاقد فى الضغط تعادل الفاقد فى الضغط خلال المحبس.

١- فاقد فى الضغط نتيجة دخول المياه لخزان التسميد (السمادة) وهذا يساوى $0.5\frac{V^2}{2g}$

٢- فاقد فى الضغط نتيجة خروج المياه مع السماد من السمادة وهو يساوى $1.0\ \frac{V^2}{2g}$ مع ملاحظة أن كثافة محلول السماد تقترب من كثافة المياه حيث أن نسبة الخلط قليلة.

٣- فاقد فى الضغط نتيجة عملية الخلط التى تحدث داخل السمادة من دخول المياه داخل السمادة واختلاطها بمحلول السماد وهذه يمكن إهمالها حيث أن قيمتها صغيرة جداً.

٤- فاقد الضغط نتيجة وجود محابس على دخل وخرج السمادة وهذه يمكن افتراضها بأنها تساوى تقريباً $0.5\ \frac{V^2}{2g}$. وبذلك يكون مجموع هذه الفواقد فى الضغط

$$\Delta h = 0.5\frac{V^2}{2g} + 1.0\frac{V^2}{2g} + 0.5\frac{V^2}{2g} = 2\frac{V^2}{2g}$$

حيث V سرعة دخول المياه للسمادة.

وعلى فرض أن d قطر أنابيب دخول قطر أنابيب دخول وخروج السمادة فإن

$$\Delta h = 2\frac{Q^2}{2A^2 g}$$

وبالتعويض عن $A = \frac{\pi}{4}d^2$ ، $g = 9.8\ m/s^2$

Q : التصرف الداخل للسمادة (لتر/س)

d : قطر أنابيب دخول وخروج السمادة بالمم.

Δh : الفاقد فى الضاغط بالمتر.

فإن

$$Q_{\ell/h} = 8.85\, d^2_{mm}\sqrt{\Delta h_m}$$

وعلى فرض أن $d = 11\ mm$

فإن معدل تصرف السماد باللتر/س يمكن إيجاده بدلالة الفاقد فى الضغط كما يلى:

Δh , m	Q ℓ/h
0.05	240
0.1	320
0.2	480
0.4	720
1.0	1070

ويمكن استخدام هذه العلاقة المفيدة فى إيجاد قيمة معدل الحقن الذى يمكن استخدامه فى إيجاد زمن الحقن من العلاقة السابقة الآتية:

$$T = \frac{4\ V}{q}$$

ومنها يمكن استنتاج الجدول التالى لحساب زمن الحقن بالساعة لسمادات مختلفة الأحجام

Δh , m	q (ℓ /h)	60 liter	90 liter	120 liter	200 liter
0.05	240	1	1.50	2	3.33
0.1	320	0.75	1.125	1.5	2.5
0.2	480	0.50	0.75	1.0	1.666
0.4	720	0.33	0.50	0.66	1.11
1.0	1070	0.22	0.336	0.45	0.75

مثال:

شبكة رى بالتنقيط تصرف الطلمبة بها ٤٠ م^{3}/س وكان زمن الرى ساعتين وكانت الاحتياجات المائية ٢٠م^{3}/فدان يوم. فإذا كانت السمادة المستخدمة حجمها ١٢٠ لتر فأوجد معدل الحقن المطلوب ضبط السمادة عليه.

الحل

زمن الحقن = $\frac{٥٠}{١٠٠}$ × زمن الرى = $\frac{١}{٢}$ × ٢ ساعة = ١ ساعة

معدل حقن السمادة = $\frac{\text{٤ × حجم السمادة}}{\text{زمن الحقن}}$ = $\frac{\text{٤ × ١٢٠ لتر}}{\text{١ ساعة}}$ = ٤٨٠ لتر/س

فإذا كان أقصى تركيز للسمادة فى مياه الرى هو ١ كجم لمل م^{3} مياه الرى فإن ذلك يعنى أن أقصى كمية سماد يمكن وضعها فى السمادة هو ٤٠ كجم وحيث أن كمية الأسمدة التى يمكن وضعها تعتمد على درجة ذوبانها فإن تحضير المحلول المركز يكون بوضع ٢٠٠ جرام فى ١ لتر أن أقصى كمية يمكن وضعها هى ١٢٠٠ لتر × ٢٠٠ جرام = ٢٤٠٠٠ جرام أى ٢٤ كجم.

وحيث أن المطلوب هو تسميد ٢ فدان ويتم الرى على أساس دفعة سماد كل ٤ يوم فإذا كان المحصول يحتاج إلى عدد ١ وحدة آزوت فى اليوم وعدد ١,٥ وحدة بوتاسيوم فى اليوم أى:

٤/ ٠,٣٣٥ آزوت/ دفعة ٦/ ٠,٥٠ بوتاسيوم/ دفعة

١٢ كيلو نترات نوشادر ١٢ كيلو سلفات بوتاسيوم أى

٢٤ كيلو سماد.

وحيث أن $4 = \frac{480}{120} = \frac{q}{V}$

وزمن الرى T هو ١ ساعة فمعنى ذلك أن تركيز السماد فى السمادة ينخفض من Coإلى Ct والتى يمكن حسابها كما يلى

$$\frac{C_t}{C_o} = e^{-\frac{qt}{V}}$$

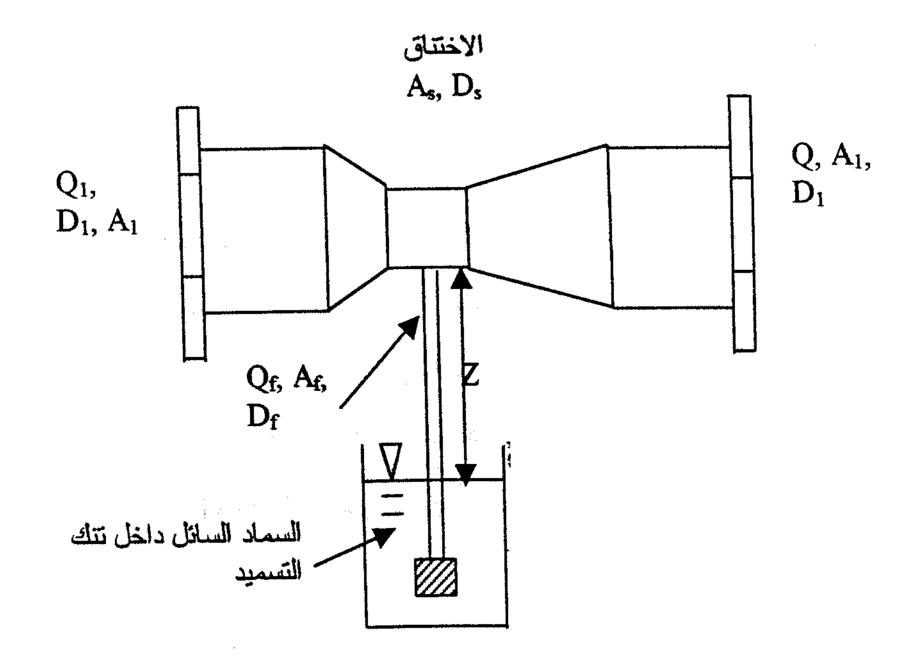
$$\frac{C_t}{C_o} = e^{-\frac{480 \times 1}{120}}$$

$$= e^{-4} = 0.0183$$

أى أن تركيز السماد داخل السمادة ينخفض ١٠٠% على ١,٨% من التركيز الابتدائى بمرور زمن ١ ساعة – أى نسبة الانخفاض تساوى ٩٨,٢%.

ب – جهاز الفنشورى

١- الفاقد فى الضغط خلال جهاز الفنشورى



ينقسم الفاقد فى الضغط نتيجة مرور المياه والأسمدة خلال جهاز الفنشورى إلى:

١- الضغط اللازم لرفع السماد من تنك التسميد إلى جهاز الفنشورى بمسافة رأسية قدرها z يساوى ρgz أو ضاغط يساوى z.

٢- الضغط المفقود فى عملية خلط السماد بالماء داخل اختناق الفنشورى وقيمته حسب معادلة معدل التغير فى كمية الحركة Momentum تساوى:

$$(P_1 - P_2)A_s = \rho_f\, A_f\, V_f^2$$

$$\left(F = m\frac{dv}{dt} = \rho Q V\right)$$

$$(P_1 - P_2) = \frac{\rho_f\, A_f\, V_f^2}{A_s} = \frac{\rho_f\, A_f\, Q_f^2}{A_s\, A_f^2} = \frac{\rho_f\, Q_f^2}{A_s\, A_f}$$

ويمكن كتابة هذه المعادلة بتحويل الفاقد فى الضغط إلى فاقد الضاغط كما يلى:

$$\Delta h = \frac{\rho_f . A_f . V_f^2}{\rho_w . g . A_s} = \frac{\rho_f\, Q_f^2}{\rho_w . g . A_f . A_s}$$

وسوف نثبت أن هذا الفاقد صغير نسبيا ويمكن إهماله بالنسبة للفواقد الأخرى.

حيث: A_f : مسافة مقطع أنبوبة التسميد.

A_s : مساحة مقطع اختناق الفنشورى.

ρ_f : كثافة السماد وهي غالبا أكثر من ١ كجم/ لتر.

ρ_w : كثافة الماء وهى تساوى ١ كجم/ لتر (١ جرام/ سم٣).

٣- الفاقد فى الضغط داخل جهاز الفنشورى نتيجة الاختناق أو التقلص فى مساحة المقطع sudden contraction ومن A_l إلى A_s وهى تساوى:

$$\Delta h = k\frac{V_s^2}{2g}$$

حيث k معامل التقلص فى مساحة المقطع وهو يساوى

$$k_c = 0.5\left(1 - \frac{A_S}{A_L}\right)$$

$$= 0.5\left(1 - \frac{D_S^2}{D_L^2}\right)$$

حيث: A_L : مساحة مقطع مدخل جهاز الفنشورى.

D_s : قطر مقطع الاختناق.

D_L : قطر مقطع مدخل جهاز الفنشورى.

ويمكن كتابة المعادلة السابقة بدلالة التصرف بدلاً من السرعة كما يلى:

$$\Delta h = \frac{Q_l^2}{2A_S^2\, g} \times 0.5\left(1 - \frac{A_S}{A_L}\right) = \frac{Q_l^2}{4A_S^2\, g}\left(1 - \frac{A_S}{A_L}\right)$$

حيث Q_l هو تصرف المياه المارة خلال الفنشورى ويسمى السريان المحرك Motive flow.

ولا يفوتنا أن ننبه إلى أنه فى معادلة حساب معامل التقلص فى مساحة المقطع عند دخول المياه إلى خزان فإن A_L تكون كبيرة جداً بالمسبة لقيمة A_s وبذلك فإن $\frac{A_S}{A_L}$ تقترب من لاصفر ويصبح قيمة معامل دخل المياه للخزان يساوى ٠,٥.

٤- الفاقد فى الضغط داخل الفنشورى نتيجة التوسيع الفجائى sudden expansion فى مساحة المقطع من A_s إلى A_l مرة أخرى وهو يساوى:

$$h_L = \frac{(V_s - V_L)^2}{2g}$$

ويمكن كتابة هذه المعادلة بصيغة أخرى تتلاءم مع ما تم كتابته سابقا فى الانكماش أو التقلص الفجائى كما يلى:

$$h_L = \frac{(V_s - V_L)^2}{2g} = \frac{V_S^2}{2g}\left(1 - \frac{V_L}{V_S}\right)^2 = \frac{V_S^2}{2g}\left(1 - \frac{A_S}{A_L}\right)^2$$

$$h_L = k_s \frac{V_S^2}{2g}$$

$$k_c = \left(1 - \frac{A_S}{A_L}\right)^2$$

ولا يفوتنا هنا أيضا إلى أن معامل الفاقد نتيجة التوسيع الفجائى k_S تؤول قيمته إلى الواحد الصحيح عند دخول المياه إلى خزان حيث تؤول نسبة المساحة الصغيرة A_S إلى المساحة الكبيرة A_L إلى الصفر.

ويمكن كتابة المعادلة السابقة بدلالة التصرف الخارج من الفنشورى بدلاً من السرعة كما يلى:

$$\Delta h = \frac{Q^2}{2g A_s^2}\left(1 - \frac{A_S}{A_L}\right)$$

مع ملاحظة أن Q هى تصرف كل من المياه الداخلة للجهاز الفنشورى والسماد أى أن:

$$Q = Q_l + Q_f$$

وأننا أهملنا التغير فى كثافة المياه الخارجة من الفنشورى بعد اختلاطها بالسماد وهذا فرض صحيح ويمكن إثباته كما يلى:

إذا فرض أن كثافة المياه ١ كجم/ لتر وكثافة السماد المستخدمة ١,٤ كجم/ لتر فإن كثافة المخلوط تساوى:

$$\rho_m \times Q_m = \rho_f \times Q_f + \rho_w Q_w$$

وعلى فرض أن تصرف السماد ٧٥٠ لتر/س وتصرف المياه ١٥ م٣/س فإن كثافة المخلوط تساوى:

$$\rho_m = \frac{\rho_f \times Q_f + \rho_w Q_w}{Q_m}$$

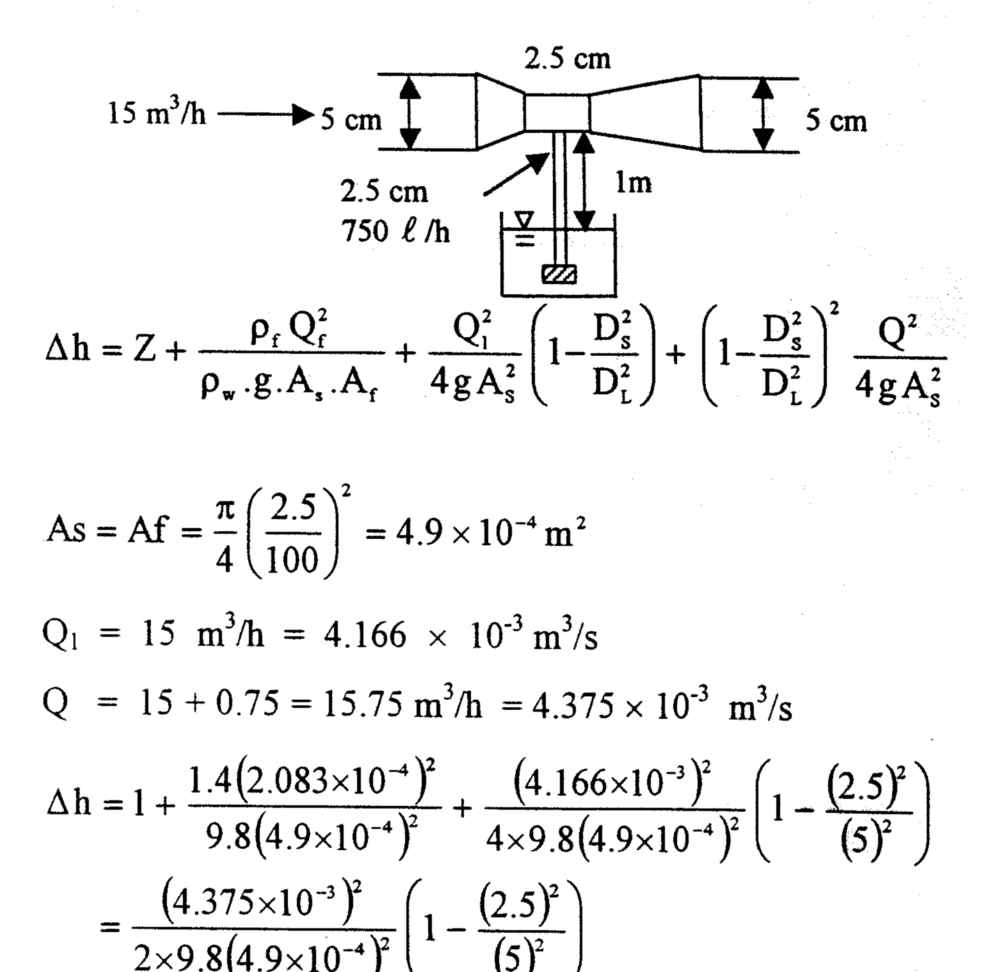
$$= \frac{0.75 \times 1.4 + 15 \times 1}{15 + 0.75} = 1.019 \text{ kg/liter}$$

وبذلك يتضح أن كثافة المخلوط لا يختلف عن كثافة المياه ويرجع ذلك إلى أن كمية المياه المارة أكبر بكثير من كمية السماد المخلوطة.

- مجموع الفواقد لا يقل عن ٢٠% من قيمة الضغط عند مدخل الفنشورى.

مثال:

جهاز حقن أسمدة من نوع فنشورى قطر مدخله ومخرجه يساوى ٥ سم وقطر أنبوبة دخول السماد ٢,٥ سم وقطر الاختناق ٢,٥ سم. فإذا كان تيار المياه المحرك للفنشورى يساوى ١٥ سم٣/س وكان تصرف السماد ٧٥٠ لتر/س. ومستوى سطح السماد فى السمادة ينخفض بمقدار ١ متر عن جهاز الفنشورى وكانت كثافة السماد فى السمادة ١,٤ كجم/ لتر. أوجد مقدار الفاقد فى الضغط نتيجة مرور المياه فى جهاز الفنشورى.



$$\Delta h = Z + \frac{\rho_f Q_f^2}{\rho_w . g . A_s . A_f} + \frac{Q_1^2}{4 g A_s^2}\left(1-\frac{D_s^2}{D_L^2}\right) + \left(1-\frac{D_s^2}{D_L^2}\right)^2 \frac{Q^2}{4 g A_s^2}$$

$$As = Af = \frac{\pi}{4}\left(\frac{2.5}{100}\right)^2 = 4.9 \times 10^{-4}\ m^2$$

$$Q_1 = 15\ m^3/h = 4.166 \times 10^{-3}\ m^3/s$$

$$Q = 15 + 0.75 = 15.75\ m^3/h = 4.375 \times 10^{-3}\ m^3/s$$

$$\Delta h = 1 + \frac{1.4(2.083\times10^{-4})^2}{9.8(4.9\times10^{-4})^2} + \frac{(4.166\times10^{-3})^2}{4\times9.8(4.9\times10^{-4})^2}\left(1-\frac{(2.5)^2}{(5)^2}\right)$$

$$= \frac{(4.375\times10^{-3})^2}{2\times9.8(4.9\times10^{-4})^2}\left(1-\frac{(2.5)^2}{(5)^2}\right)$$

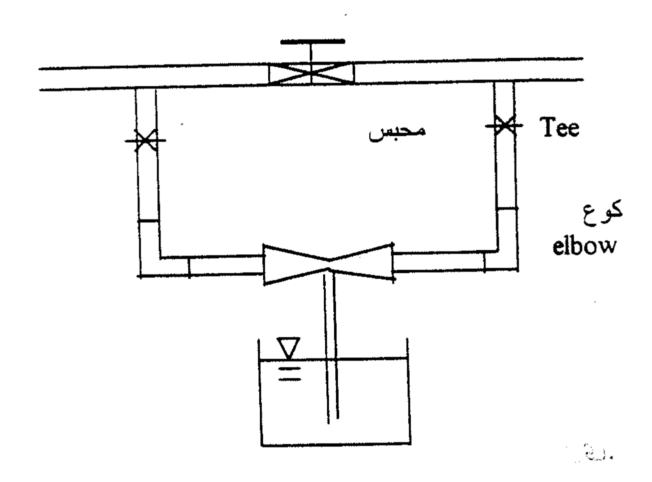
$$= 1 + 0.0257 + 1.844 \times 0.75 + 4.067 \times 0.5625$$

$$= 1 + 0.0257 + 1.383 + 2.28769$$

$$= 4.7\ m$$

من هذا يتضح أن الفاقد فى الضاغط نتيجة خلط السماد مع الماء يعتبر صغيراً نسبياً ويمكن إهماله وهو ٠,٠٢٥٧ متر أى ٢,٥ سم. أما الضاغط المفقود فى الفنشورى فهو ٤,٧ متر أى حوالى نصف بار أو نصف ضغط جوى وبذلك يكون الضغط اللازم لمرور المياه فى الفنشورى أو الضغط فى خط الرى يساوى ٤,٧/٠,٢ = ٢٣,٥ متر أى حوالى ٢,٥ بار وهذا هو أقل ضغط

لمرور المياه فى جهاز الفنشورى أما إذا تم توصيل بين الخط الرئيسى والفنشورى بحيث يتساوى الفاقد فى الضغط خلال المحبس على الخط الرئيسى وجهاز الفنشورى وبالطبع فإن تخفيض التصرف المار فى الفنشورى يؤدى إلى تقليل الفاقد فى الضغط مع ملاحظة أن الفاقد فى الضغط سوف يتم زيادته بطريقة أخرى وهى إضافة فواقد ثانوية فى عدد ٢ تى(T) وكذلك عدد ٢ كوع وعدد ٢ محبس كما بالشكل



فمثلا فى المثال السابق عند حساب هذه الفواقد التى على فرض أن الجهاز موصل على التوازى مع خط الرى الرئيسى فإن ضاغط السرعة يمكن حسابه كما يلى:

$$A_s = A_f = \frac{\pi}{4}\left(\frac{5}{100}\right)^2 = 1.9635 \times 10^{-3}\ m^2$$

$$V_1 = \frac{Q_1}{A_L} = \frac{4.166 \times 10^{-3}}{1.9635 \times 10^{-3}} = 2.12\ m/s$$

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{(2.12)^2}{2 \times 9.8} = 0.23 \text{ m}$$

وبمعلومية أن معامل الفاقد الثانوى فى الوصلات كما يلى:

معامل الفاقد للـ تى T $K_t = 1.8$

للمحبس $K_v = 0.2$

للكوع elbow ٩٠ درجة $K_L = 0.4$

وبذلك تكون مجموع هذه الفواقد الثانوية تساوى:

$$h_L = \frac{V_1^2}{2g}\left[2K_t + + 2K_v + 2K_L\right]$$

$$= 0.23 \times 2\ (1.8 + 0.2 + 0.4)$$

$$= 1.1 \text{ m}$$

أى أن الفاقد الإجمالى فى الضغط نتيجة التوصيل على التوازى على فرض أن التصرف المار خلال الفنشورى لم يتغير أى يساوى ١٥ م^3/سيكون ٤,٧ + ١,١ = ٥,٨ متر أى أن الضغط المطلوب من خط الرى يساوى ٠,٢/٥,٧ = ٢٩ متر أى حوالى ٣ بار وهو أقل ضغط لازم لتشغيل جهاز الفنشورى.

٢- كيفية اختيار الفنشورى الملائم والمعلومات اللازمة لذلك Required information

١- تصرف خط الرى Q — Irrigation water flow

٢- معدل حقن الأسمدة المطلوب Q_f — Rate of fertilizer injection required

٣- فرق الضغط المتاح فى شبكة الرى — Pressure differential available

أ- أقصى ضغط متاح فى شبكة الرى.

ب- أقصى ضغط مطلوب لتشغيل شبكة الرى.

جـ- فرق الضغط المتاح يساوى (أ – ب)

د- نسبة فرق الضغط (جـ/أ) × ١٠٠

إذا كان نسبة فرق الضغط المحسوب فى الخطوة (د) يساوى ٢٠% أو أكثر فإن طريقة تركيب الفنشورى تكون بتركيبه على التوازى على خط الرى الرئيسى ولا يحتاج لتركيب مضخة وذلك لأن الضغط كافي فى هذه الحالة لتشغيل الفنشورى أما إذا كان نسبة فرق الضغط المحسوب فى الخطوة (د) أقل من ٢٠% ففى هذه الحالة لابد من تركيب مضخة على التوالى مع الفنشورى وقد استعملت بكفاءة مضخة طاردة مركزية قدرتها نصف حصان وتصرفها حوالى ١ م^3/س وضاغط ٢٧ متر.

٣- إختيار الفنشورى Injector selection

تقوم الشركات المصنعة لأجهزة حقن الأسمدة بعمل جداول تلخص خواص هذه الأجهزة Performance Table توضح التصرف المحرك المطلوب motive flow requirements وتصرف السماد suction capacity للمقاسات المختلفة من الأجهزة عند فروق مختلفة من الضغط differential pressure. حسب الخطوات الآتية:

١- عين الضغط عند مدخل الفنشورى injection inlet pressure وهو يناظر أقصى ضغط متاح لشبكة الرى.

٢- عين الضغط عند مخرج الفنشورى injection outlet pressure وهو يناظر أقل ضغط مطلوب لتشغيل شبكة الري.

٣- عين من جداول خصائص أجهزة الفنشورى الموديل والمقاس مع معدل الحقن liquid suction rate والذى سوف يزيد من المطلوب وفى هذه الحالة يتم استخدام محبس التحكم فى معدل الحقن المطلوب metering valve.

جدول مواصفات الفنشوري وهو يوضح **تصرف** المياه المحرك المار خلال كل موديل

MODEL	MALE THREAD SIZE		MOTIVE FLOW RANGE	
#	(M.NPT)	(BSPT)	Gallons per Hour/Minute	Liters per Minute
283 US Metric	1/2"	1/2"	10.3-49.5 GPH	0.64-3.12 l/m
287 US Metric	1/2"	1/2"	19.7-85.0 GPH	1.24-5.36 l/m
384 US Metric	1/2"	1/2"	0.75-3.4 GPM	2.50-12.9 l/m
384-X US Metric	1/2"	1/2"	0.73-3.47 GPM	2.76-13.1 l/m
484 US Metric	1/2"	1/2"	1.0-6.3 GPM	3.79-23.8 l/m
484-A US Metric	3/4"	3/4"	1.0-6.3 GPM	3.79-23.8 l/m
484-X US Metric	3/4"	3/4"	1.0-6.3 GPM	3.8-12.9 l/m
584 US Metric	3/4"	3/4"	2.8-10.5 GPM	10.6-39.7 l/m
584-C US Metric	1/2"	1/2"	2.8-10.5 GPM	10.6-39.7 l/m
684 US Metric	3/4"	3/4"	4.0-15.1 GPM	15.1-57.2 l/m
878 US Metric	1"	1"	4.7-19.5 GPM	17.8-73.8 l/m
885-X US Metric	1"	1"	4.6-19.8 GPM	17.4-74.9 l/m
978 US Metric	1"	1"	4.5-23 GPM	17-87.1 l/m
1078 US Metric	1"	1"	8.0-28.2 GPM	30.3-106.7 l/m
1583-A US Metric	1.5"	1.5"	14.2-56.2 GPM	53.8-213 l/m
1584-A US Metric	1.5"	1.5"	19-97 GPM	74.9-367 l/m
1585-X US Metric	1.5"	1.5"	14.5-56.6 GPM	54.9-214 l/m
2081-A US Metric	2"	2"	48.7-158 GPM	184-598 l/m

جدول معدل أداء أجهزة الفنشوري

MIC

INJECTOR PERFORMANCE TABLE
Liquid Motive (Water)/Liquid Suction (Water)

Operating Pressure a	b	Suction Capacity of Mazzei Injectors at Various Operating Conditions													
		Model 484		Model 584		Model 878		Model 1078		Model 1583		Model 2081		Model 885-X	
Injector Inlet (PSI)	Injector Outlet (PSI)	Motive Flow GPM	Liquid Suction GPH	Motive Flow GPM	Liquid Suction GPH	Motive Flow GPM	Liquid Suction GPH	Motive Flow GPM	Liquid Suction GPH	Motive Flow GPM	Liquid Suction GPH	Motive Flow GPM	Liquid Suction GPH	Motive Flow GPM	Liquid Suction GPH
20	0	2.30	18	4.3	26	8.2	63	11.9	80	23.9	180	72.0	510	8.5	120
	5	2.30	18	4.2	23	8.2	63	11.9	75	22.9	170	72.0	510	8.0	100
	10	2.15	11	4.0	13	7.9	45	11.0	50	21.6	120	72.0	500	7.6	45
	12	2.10	8	3.9	9	7.6	38	10.7	37	21.1	95	66.5	330	7.5	20
	15	2.05	2	3.8	2	7.5	10	10.4	20	20.4	45	63.6	160		
	(PSI at 0 suction)	2.03	(16)	3.7	(16)	7.3	(17)	10.2	(17)	20.0	(16.5)	61.7	(17)	7.4	(14)
30	0	2.70	18	5.2	26	9.7	60	13.8	75	27.6	180	83.0	505	10.1	135
	5	2.70	18	5.2	26	9.7	60	13.8	75	27.6	180	83.0	505	10.0	120
	10	2.70	18	5.0	23	9.7	60	13.8	75	27.0	172	83.0	505	9.6	90
	15	2.65	13	4.8	18	9.5	52	13.3	60	26.1	135	82.0	460	9.2	50
	20	2.55	7	4.6	9	9.2	30	12.8	38	25.3	86	78.0	300	9.0	0
	25			4.5	0	9.0	0	12.3	0	24.5	0	75.5	40		
	(PSI at 0 suction)	2.50	(24)	4.5	(25)	9.0	(25)	12.3	(25)	24.5	(25)	75.0	(28)	9.0	(20)
40	0	3.10	18	5.8	26	10.8	60	15.6	75	31.1	180	92	500	11.2	140
	5	3.10	18	5.8	26	10.8	60	15.6	75	31.1	180	92	500	11.2	135
	10	3.10	18	5.8	26	10.8	60	15.6	75	31.1	180	92	500	11.1	135
	15	3.10	18	5.7	25	10.8	60	15.6	75	30.7	180	92	500	10.9	95
	20	3.00	16	5.5	20	10.8	60	15.3	72	30.2	180	91	500	10.7	55
	25	2.95	11	5.4	13	10.5	45	15.0	52	30.0	105	89	405	10.4	17
	30	2.85	3	5.3	5	10.4	20	14.5	30	28.6	45	87	240		
	(PSI at 0 suction)	2.82	(28)	5.2	(32)	10.2	(34)	14.2	(34)	28.1	(32.5)	84	(34)	10.2	(27)
50	0	3.40	17	6.4	25	12.0	60	17.1	75	34.2	180	101	500	12.3	140
	10	3.40	17	6.4	25	12.0	60	17.1	75	34.2	180	101	500	12.3	135
	15	3.40	17	6.4	25	12.0	60	17.1	75	34.2	180	101	500	12.2	130
	20	3.40	17	6.3	25	12.0	60	17.1	75	34.0	180	101	500	12.1	100
	25	3.40	17	6.2	24	11.9	60	17.0	75	33.6	175	101	500	11.9	70
	30	3.30	15	6.1	19	11.9	56	16.9	66	33.0	140	99	410	11.5	30
	35	3.25	8	6.0	11	11.7	35	16.6	47	32.3	90	97	305		
	40	3.15	1	5.9	2	11.5	12	16.1	16	31.7	15	95	55		
	(PSI at 0 suction)	3.12	(41)	5.9	(41)	11.4	(42)	[illegible]	[illegible]	31.4	(41)	[illegible]	(41)	11.3	(34)
60	0	3.70	17	6.9	25	13.0	60	18.5	75	37.0	180	111	500	13.4	140
	10	3.70	17	6.9	25	13.0	60	18.5	75	37.0	180	111	500	13.4	140
	20	3.70	17	6.9	25	13.0	60	18.5	75	37.0	180	111	500	13.3	130
	25	3.70	17	6.9	25	13.0	60	18.5	75	37.0	180	111	500	13.1	110
	30	3.70	17	6.9	25	13.0	60	18.5	75	37.0	180	111	500	12.8	80
	35	3.65	16	6.7	20	13.0	60	18.4	72	36.6	162	110	440	12.7	46
	40	3.58	12	6.6	15	12.9	52	18.2	60	35.8	125	109	410	12.6	6
	45	3.50	5	6.5	7	12.6	27	17.7	35	35.0	65	107	200		
	(PSI at 0 suction)	3.40	(45)	6.4	(50)	12.3	(51)	17.3	(51)	34.4	(49.5)	103	(50)	12.6	(41)
70	0	3.95	17	7.4	26	14.0	60	19.8	75	40.5	180	130	[illegible]	14.4	140
	10	3.95	17	7.4	26	14.0	60	19.8	75	40.5	180	130	[illegible]	14.4	140
	20	3.95	17	7.4	26	14.0	60	19.8	75	40.5	180	130	[illegible]	14.4	140
	30	3.95	17	7.4	25	14.0	60	19.8	75	40.5	180	130	[illegible]	14.2	110
	35	3.95	17	7.4	25	14.0	60	19.8	75	40.5	180	130	500	13.9	86
	40	3.95	17	7.3	23	14.0	60	19.7	70	40.0	165	130	500	13.8	66
	45	3.90	16	7.2	17	13.8	57	19.6	60	39.4	136	119	480	13.6	20
	50	3.85	8	7.1	11	13.7	46	19.3	40	38.8	86	117	370		
	55	3.75	2	7.0	4	13.6	22	19.1	20	38.1	20	114	130		
	(PSI at 0 suction)	3.71	(58)	6.9	(58)	13.3	(60)	18.8	(60)	38.0	(57)	112	(58)	13.4	(48)
80	0	4.20	17	7.8	25	14.9	60	21.7	75	43.0	180	[illegible]	[illegible]	15.2	140
	20	4.20	17	7.8	25	14.9	60	21.7	75	43.0	180	[illegible]	500	15.2	140
	30	4.20	17	7.8	25	14.9	60	21.7	75	43.0	180	[illegible]	500	15.2	130
	35	4.20	17	7.8	25	14.9	60	21.7	75	43.0	180	[illegible]	[illegible]	15.1	115
	40	4.20	17	7.8	25	14.9	60	21.7	75	43.0	180	135	500	14.9	90
	45	4.20	17	7.7	24	14.9	60	21.7	75	42.6	175	135	[illegible]	14.8	65
	50	4.20	17	7.6	20	14.9	60	21.4	71	42.3	160	135	500	14.6	30
	55	4.15	12	7.5	14	14.7	50	21.2	61	42.0	125	127	480	14.5	0
	60	4.07	6	7.4	8	14.6	30	21.0	42	41.5	65	134	280		
	65	4.01	0	7.3	1	14.3	9	20.7	13	41.0	15	133	110		
	(PSI at 0 suction)	4.01	(66)	7.3	(66)	14.2	(67)	20.5	(67)	40.6	(66)	130	(67)	14.6	(60)
100	0	4.70	17	8.9	26	16.6	60	24.3	75	48.0	180	144	[illegible]	17.0	140
	20	4.70	17	8.9	26	16.6	60	24.3	75	48.0	180	144	[illegible]	17.0	140
	40	4.70	17	8.9	26	16.6	60	24.3	75	48.0	180	144	[illegible]	16.9	140
	50	4.70	17	8.9	25	16.6	60	24.3	75	48.0	180	144	500	16.7	100
	60	4.70	17	8.9	25	16.6	60	24.3	75	48.0	180	144	[illegible]	16.5	90
	65	4.65	17	8.8	22	16.6	60	24.2	75	47.7	180	144	500	16.4	25
	70	4.60	13	8.7	18	16.5	57	24.0	66	47.0	126	143	470	16.2	0
	75	4.55	8	8.6	12	16.4	46	23.8	36	46.5	60	142	340		
	80	4.50	1	8.5	4	16.2	24	23.4	20	46.0	25	140	160		
	(PSI at 0 suction)	4.45	(80)	8.4	(80)	[illegible]	(80)	23.0	(80)	45.6	(80)	136	(80)	16.2	(70)

GPH = gallons per hour GPM = gallons per minute Motive Flow = water flow thru injector

خطوات تصميم شبكة الرى بالتنقيط

١- حساب المسافات بين النقاطات

لحساب المسافة بين النقاطات يجب معرفة مساحة الابتلال تحت النقاط وهذه تعتمد اعتماد كبير على خواص التربة.

مساحة الابتلال بدلالة نفاذية التربة

نفترض نقاط تصرفه q لتر/ساعة فعند تشغيله تبدأ دائرة البلل فى الاتساع إلى أن يتساوى معدل إضافة المياه من النقاط مع معدل نفاذية المياه فى التربة k_s وفى هذه الحالة تثبت دائرة الابتلال وبذلك يمكن إيجاد مساحة الابتلال تحت النقاط كما يلى $q = k_s * A_w$ ومساحة الابتلال عبارة عن دائرة قطرها s_w

$$A_w = \frac{\pi}{4} s_w^2$$

حيث: q : تصرف النقاط لتر/س

k_s : معامل التوصيل الهيدروليكى للتربة أو معدل التسرب النهائى بوحدات مم/س

s_w : قطر دائرة الابتلال بالمتر.

وللحصول على شريحة متصلة الابتلال توضح النقاطات على خط التنقيط بحيث يحدث تداخل بين دوائر الابتلال وبذلك تكون المسافات بين النقاطات تساوى s_e حيث: $s_e = 0.8\ s_w$ ولتوضيح ذلك نأخذ المثال التالى:

مثال:

احسب المسافة بين النقاطات إذا كان تصرف النقاط ٤ لتر/س وكان التوصيل الهيدروليكى للتربة k_s يساوى ١٠ مم/س ثم ١٠٠ مم/س.

الحــــل

$$4 = 10 \times \frac{\pi}{4} s_w^2$$

$s_w = 0.7136$ m

$s_e = 0.8 \times 0.7136 = 0.57$ m

ثانيا عند $k_s = 100$ mm/ hr

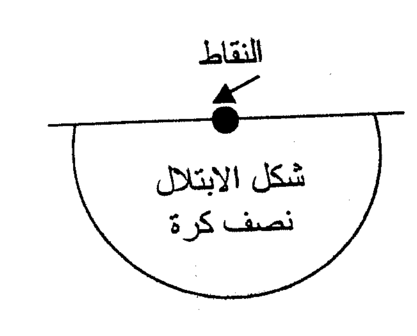
$$4 = 100 \times \frac{\pi}{4} s_w^2$$

$s_w = 0.226$ m $\qquad s_e = 0.1805$ m

ويجب هنا ملاحظة أن الابتلال فى هذه الطريقة هو التشبع لأننا استخدمنا التوصيل الهيدروليكى التربة المشبعة أى سريان المياه للتربة المشبعة حيث أن الرطوبة تنتقل بعد ذلك من التربة المشبعة إلى التربة الجافة عن طريق الخاصية الشعرية سواء أفقيا أو راسيا.

حساب الابتلال عن طريق المحتوى الرطوبى

فى هذه الطريقة يتم حساب الحجم المبتل من التربة نتيجة إضافة المياه على أساس أن الابتلال يأخذ شكل نصف كرة hemisphere مركزها النقاط وهذه الحالة تحدث عندما تكون التربة متوسطة القوام (لومية) حيث يكون انتشار الرطوبة متساوى فى جميع الجهات تقريبا. نفترض أن المحتوى الرطوبى الابتدائى للتربة θ_i على أساس حجمى وأن المحتوى الرطوبى النهائى بعد الرى θ_f على أساس حجمى وبذلك يكون حجم نصف الكرة يساوى



$$\text{volum of hemisphere} = \frac{1}{2}\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)$$

حيث r: نصف قط الكرة وبمساواة حجم الماء المضاف فى زمن قدره t مع حجم الماء المضاف لنصف الكرة فإن

$$q.t = (\theta_f - \theta_i)\frac{2}{3}\pi r^3$$

$$r^3 = \frac{3q.t}{2\pi(\theta_f - \theta_i)}$$

حيث: q : تصرف النقاط م³/ س

t : زمن إضافة المياه بالساعة

r : نصف قطر الكرة أو الابتلال بالمتر .

مثال:

احسب نصف قطر الابتلال لنقاط تصرفه ٤ لتر/ س عند زمن رى ١ ساعة إذا كان المحتوى الرطوبى على أساس حجمى ابتدائى ٤% ونهائى ٨ %.

الحــــل

$$r^3 = \frac{3\frac{4}{1000}\times 1}{2\pi(0.08 - 0.04)} = 0.15 \qquad r = 0.53 \text{ m}$$

جـ- <u>حساب عمق وقطر الابتلال</u>

يستخدم لتقدير قطر الابتلال تحت سطح الأرض بحوالى من ١٥ – ٣٠ سم (أقصى قطر ابتلال حيث أن قطر الابتلال على سطح الأرض يصل

إلى حوالى ٧٥% من قطر الابتلال عند هذا العمق) الطريقة التجريبية (Schwartz mass and Zur, 1985) كما يلى:

$$WD = 0.0094\,(Z)^{0.35}\;(q)^{0.33}\;(k_s)^{-0.33}$$

حيث: WD : قطر مساحة الابتلال تحت سطح التربة بعمق ١٥ – ٣٠ سم مقدرا بالمتر.

Z : عمق الابتلال بالمتر

q : تصرف النقاط باللتر/ س

k_s : التوصيل الهيدروليكى للتربة بالمتر/ ث.

مثال:

احسب قطر الابتلال لنقاط تصرفه ٤ لتر/ س وعمق الابتلال ٠,٦ متر إذا كان معامل التوصيل الهيدروليكى للتربة المشبعة ٢٥ مم/ س.

الحـــل

$$k_s = 25\,\frac{mm}{hr}\;\frac{1}{1000 \times 3600} = 7 \times 10^{-6}\ m/s$$

$$WD = 0.0094\,(0.6)^{0.35}\;(4)^{0.33}\;(7 \times 10^{-6})^{-0.33} = 0.624\ m$$

د- مساحة الإبتلال بالطريقة التجريبية

تعتمد هذه الطريقة على استخدام أرقام تجريبية لمساحة الابتلال تعتمد على قوام التربة ومن هذه الطريقة طريقة شركة رين بيرد Rain Bird كما يلى:

مساحة الابتلال للتربة الرملية = ١,٨ م٢

مساحة الابتلال للتربة المتوسطة = ٥,٧ م٢

مساحة الابتلال للتربة الثقيلة = ١١,٩ م٢

٢- حساب عدد النقاطات للشجرة

يتم حساب عدد النقاطات للشجرة عن طريق معرفة المساحة المظللة للشجرة وبالتالى المساحة المطلوب ابتلالها ثم عن طريق المساحة المبتلة للنقاط يمكن حساب عدد النقاطات للشجرة ونسبة المساحة المبتلة تتراوح فى الرى بالتنقيط بين ثلث إلى ثلثى المساحة التى تشغلها الشجرة ويجب أن ننوه هنا أن عدد النقاطات المحسوب للتصميم هو أقصى عدد عند اكتمال نمو الشجرة وهو ليس بالفعل العدد عند بداية زراعة الشتلات فإذا كان هذا العدد ٤ نقاطات مثلا فإننا نقوم بتركيب نقاط واحد عند زراعة الشتلة تزداد بعد ذلك مع زيادة النمو إلى أن تصل إلى ٤ نقاطات للشجرة.

وتتبع شركة رين بيرد فى حساب عدد النقاطات نسبة ابتلال متوسطة قدرها ٥٠% وذلك عند التصميم للشجرة مكتملة النمو.

مثال:

احسب عدد النقاطات لأشجار موالح تزرع على مسافات ٥ × ٥ متر فى تربة خفيفة القوام بنسبة ابتلال ٣٣%.

الحـــل

عدد النقاطات للشجرة N

$$N = \frac{0.33\,s_\ell \times s_m}{A_w}$$

$$= \frac{0.33 \times 5 \times 5}{1.8} \cong 4 \text{ emitters}$$

فإذا كانت أقصى الاحتياجات اليومية ١٢٥ لتر/ يوم ، فإنه يستخدم ٤ نقاطات × ٨ لتر/ س ويكون زمن الرى t_i

$$t_i = \frac{125 \text{ liter / day}}{4 \text{ emitters} \times 8 \ \ell / h} = 4 \text{ hours}$$

عدد النقاطات لعنب يزرع على ٢ × ٣م

$$N = \frac{0.33 \times 2 \times 3}{1.8 \, m^2} \cong 2$$

وزمن الرى اليومى t_i على فرض أن أقصى احتياج مائى يومى ٣٢ لتر/ يوم

$$t_i = \frac{32 \text{ liter / day}}{2 \text{ emitters} \times 4 \ \ell / h} = 4 \text{ hours}$$

ولحساب عدد النقاطات للتفاح يزرع ٣ × ٤ متر فى تربة رملية وأقصى احتياج مائى يومى ٦٤ لتر/ يوم.

$$N = \frac{0.33 \times 3 \times 4}{1.8 \, m^2} \cong 2$$

$$t_i = \frac{64 \text{ liter / day}}{2 \text{ emitters} \times 8 \ \ell / h} = 4 \text{ hours}$$

٣- حساب عمق ماء الرى الصافى

$D_n = Aw \times Z \times dep. \times P_w$

حيث Z : عمق منطقة الجذور بالمتر.

Aw : عمق ماء الرى المتاح بالتربة مم/ متر

dep.: نسبة الاستنفاذ المسموح بها للرطوبة بالتربة وهى تساوى فى الرى بالتنقيط حوالى ٠,٣٠ وهى منخفضة عن الرى السطحى والري بالرش حيث تبلغ ٠,٥٠ لأن الرطوبة المختزنة بالتربة قليلة فى التنقيط.

dn : عمق ماء الرى الصافى.

P_w: نسبة الابتلال وهى تتراوح بين ٠,٣٣ – ٠,٦٦ حيث أن فى الرى بالتنقيط تبتل جزء من سطح التربة فقط بعكس الرى السطحى والرى بالرش.

مثال:

احسب عمق ماء الرى الصافى فى الرى بالتنقيط إذا كان عمق الماء المتاح بالتربة ٨٠ مم/ متر وعمق الجذور ١ متر ونسبة الاستنفاذ للرطوبة ٣٠% ونسبة الابتلال ٥٠%.

الحـــل

$d_n = 80 \times 1.0 \times 0.30 \times 0.50 = 12$ mm

٤- حساب الاستهلاك المائى فى الرى بالتنقيط

يختلف الاستهلاك المائى فى الرى بالتنقيط عن طرق الرى الأخرى حيث تقل المساحة المبتلة فى الرى بالتنقيط عن طرق الرى الأخرى. وحيث أن المساحة المبتلة تساوى المساحة المظللة فقد أدخل معامل للتخفيض لتعديل الاستهلاك المائى فى الرى بالتنقيط كما يلى:

$$ET_t = Et_o \times k_c \times k_r$$

حيث ET_t: الاستهلاك المائى فى الرى بالتنقيط.

Et_o: جهد البخر نتح القياسى

k_c : معامل المحصول التقليدى والمستخدم فى الرى السطحى والرش.

k_r : معامل النقص أو التخفيض وله طرق عديدة لحسابه.

طرق حساب مُعامل التخفيض   Reduction Factor

أ- الطريقة المبسطة   Keller and Karmeli (1974)

$$k_r = \frac{GC}{85}$$

حيث GC: نسبة المساحة المظللة كنسبة مئوية أو النسبة المئوية للغطاء النباتى Ground Cover وعندما يصل الغطاء والنباتي لأكثر من ٨٥% يؤخذ معامل النقص مساويا الواحد الصحيح.

ب- الطريقة الدقيقة لكتاب الفاو رقم ٥٦ Allen, 1998

وهو أحدث تعديل فى حساب الاحتياجات المائية حيث يتم حساب معامل المحصول فى حالة الرى بالتنقيط باستخدام المساحة المظللة (GC) وارتفاع النبات h ويمكن وضع تعديل الفاو فى صورة مبسطة تتماشى مع ما تم شرحه سابقا كما يلى:

$$k_r = \frac{k_{c\,min}}{k_{c\,full}} + \left(1 - \frac{k_{c\,min}}{k_{c\,full}}\right) \times GC^{\frac{1}{1+h}}$$

ولتبسيط المعادلة السابقة يتم أخذ أقل معامل محصول $k_{c\,min} = 0.15$ وأخذ أعلى محصول $k_{c\,full} = 1.2$ وبالتعويض فى المعادلة السابقة

$$k_r = 0.125 + 0.875\ GC^{\frac{1}{1+h}}$$

ومن الجدير بالذكر هنا أن Keller and Bliesner, 1990 استخدم معادلة أخرى وهى

$$k_r = 0.1\sqrt{GC}$$

فإذا قمنا بالتعويض فى معادلة الفاو $h = 0.70$ m فإننا نصل إلى معادلة كيلر ودعنا نوضح ذلك عند $GC = 50\%$

معادلة الفاو $$k_r = 0.125 + 0.875\ (0.50)^{\frac{1}{1+0.70}} = 0.707$$

وبالتعويض فى معادلة Keller, 1990 $k_r = 0.1\sqrt{50} = 0.707$

أما المعادلة المبسطة Keller, 1975

$$k_r = \frac{GC}{85} = \frac{50}{85} = 0.59$$

وعلى ذلك يتضح أن معادلة الفاو تأخذ ارتفاع النبات فى الاعتبار أما المعادلات الأخرى فتهمل ارتفاع النبات. ويؤثر ارتفاع النبات فى مقاومة الهواء الديناميكية فهى تقلل من سرعة الهواء فوق الغطاء النباتى.

٥- حساب كفاءة إضافة المياه فى الرى بالتنقيط

عند تصميم شبكة الري بالتنقيط نعتبر كفاءة إضافة المياه مساوية لكفاءة توزيع المياه التصميمية Design distribution uniformity والتي يتم حسابها كما يلى:

$$EU = \left(1 - \frac{1.27\,CV}{\sqrt{n}}\right)\frac{q_{min}}{q_{av}}$$

حيث n : عدد النقاطات لكل نبات

CV: معامل الاختلاف فى تصنيع النقاطات

q_{min}: أقل تصرف للنقاط خلال القطعة

q_{av}: متوسط التصرف للنقاط خلال القطعة

ويقصد بالقطعة Block أو قد يطلق عليها المحبس بذلك الجزء المستقل بمحبس خاص ويتركب من مجموعة خطوط تنقيط ومشعب وقد تكون خراطيم التنقيط علي جانب واحد أو جانبين من المشعب.

٦- حساب التصرف المطلوب للشجرة

$$q_{tree} = \frac{ET_t \times s_\ell \times s_m}{T \times E_a}$$

حيث q_{tree}: التصرف المطلوب للشجرة باللتر/ س

ET_t: الاستهلاك المائى المعدل للتنقيط مم/ يوم

s_ℓ : المسافة بين الأشجار داخل الصف بالمتر

s_m: المسافة بين صفوف الأشجار بالمتر

T : عدد ساعات الرى اليومى

E_a: كفاءة إضافة المياه فى الرى بالتنقيط وفى بعض الأحيان تؤخذ مساوية EU كفاءة انبعاث أو توزيع المياه.

٧- تحديد فرق الضغط المسموح به في الري بالتنقيط

Determining the allowable pressure difference

لقد استعرضنا في الرى بالرش أن الجمعية الأمريكية للهندسة الزراعية ASAE وضعت الحد المسموح به للتغيير فى الضغط بمقدار ٢٠% من متوسط ضغط التشغيل للرشاش. وفى الواقع كان هذا ناتجاً من أن السريان فى الرشاش اضطرابى وبالتالى فإن التغير فى الضغط هو ضعف التغير فى التصرف حيث أن التغير فى التصرف المسموح به هو ١٠% (± ٥%) أما إذا كان السريان اضطرابى فإن التغير فى الضغط يساوى التغير فى التصرف ولوضع ذلك بصورة عامة فإنه إذا كانت معادلة التصرف للنقاط هى

$$q = k P^{x}$$

$$\frac{dP}{P} = \frac{1}{x}\,\frac{dq}{q}$$

$$\frac{dq}{q} = x\,\frac{dP}{P}$$

وبالتالى فإن $x = 0.5$ فى حالة السرين الاضطرابى ، $x = 1.0$ فى حالة السريان الرقائقى.

وخلاصة ذلك فإن فرق الضغط المسموح به فى قطعة الرى بالتنقيط (المحبس) Block تساوى

$$\Delta P = \frac{1}{x}\left(\frac{dq}{q}\right)\times h_{av}$$

ولتوضيح ذلك نأخذ المثال التالي :

إذا كانت معادلة النقاط المستخدم هى: $q = 0.855\ H^{0.67}$ وأن المطلوب الحصول على تصرف ٤ لتر/س فأوجد متوسط ضغط التشغيل وكذلك الفاقد فى الضغط المسموح به فى قطعة الرى بالتنقيط (خطوط التنقيط+المشعب) بحيث لا يتعدى التغير فى التصرف عن ١٠%

بالتعويض فى معادلة تصرف النقاط بالتصرف المطلوب نحصل على ضاغط التشغيل المطلوب للنقاط

$4 = 0.855\ H^{0.67}$ $H = 10\ m$

أى أن ضاغط التشغيل المتوسط للنقاط $h_{av} = 10\ m$

ويكون فرق الضاغط المسموح به هو

$$\Delta h = \frac{1}{0.67}(0.10)\times h_a$$
$$= 0.15\ h_a$$
$$= 0.15 \times 10 = 1.5\ m$$

وقد أصطلح على تقسيم الحد المسموح به للفاقد فى الضغط داخل القطعة Block والتى تحتوى على خطوط التنقيط والمشعب كما يلى:

$$\Delta h \begin{cases} 0.55 \text{ for lateral line} \\ 0.45 \text{ for mainifold} \end{cases}$$

وفى هذا المثال يتم توزيع الفاقد المسموح به وهو ١,٥ متر كما يلى:

$$\Delta h \quad \text{for lateral} \quad = 0.55 \times 1.5 = 0.825 \text{ m}$$

$$\Delta h \quad \text{for manifold} = 0.45 \times 1.5 = 0.675 \text{ m}$$

<u>طريقة أخرى لتحديد فرق الضغط المسموح به فى قطعة التنقيط</u>

بدلا من تحديد نسبة ١٠% تغير فى تصرف النقاطات داخل القطعة كما حددتها الجمعية الأمريكية للهندسة الزراعية ASAE يتم استنتاجها من معادلة حساب كفاءة توزيع المياه التصميمية Design distribution uniformity كما يلى:

$$EU = \left(1 - \frac{1.27\,CV}{\sqrt{n}}\right) \frac{q_{min}}{q_{av}}$$

حيث n : عدد النقاطات لكل نبات

CV: معامل الاختلاف فى تصنيع النقاطات

q_{min}: أقل تصرف للنقاط خلال القطعة

q_{av}: متوسط التصرف للنقاط خلال القطعة

مثال:

$CV = 0.025 \qquad x = 0.67 \qquad h_{av} = 10 \text{ m} \qquad n = 2$

فإذا كان المطلوب تحقيق كفاءة توزيع مياه قدرها ٩٠% فإن:

$$\frac{q_{min}}{q_{av}} = \frac{0.90}{1 - 1.27\left(\frac{0.025}{\sqrt{2}}\right)} = 0.92$$

$$\frac{P_{min}}{P_{av}} = \left(\frac{q_{min}}{q_{av}}\right)^{\frac{1}{x}}$$

$$= (0.92)^{\frac{1}{0.67}} = 0.883$$

$$P_{min} = 10 \times 0.883 = 8.83 \text{ m}$$

تقليديا يتم حساب التغير المسموح به فى الضغط بين النقاطات خلال القطعة كما يلى:

$$\Delta h = 2 \times (h_{av} - h_{min})$$

$$= 2 \times (10 - 8.83) = 2.34 \text{ m}$$

ويلاحظ أن الفاقد المسموح به فى الضغط بين النقاطات لا يشمل الخطوط الرئيسية بل يشمل خطوط التنقيط وخطوط المشعبات أى ابتداءا من نقطة تنظيم الضغط أو محبس التحكم فى القطعة Block.

ويلاحظ أن هذه الطريقة تعطى نتائج أعلى من الطريقة السابقة ولذلك تعتبر الطريقة السابقة أكثر تحفظا.

<u>**الفاقد فى الاحتكاك فى خط التنقيط:**</u>

لتقدير الفاقد فى الاحتكاك فى أنابيب التنقيط المصنعة من البولى إيثيلين PE نستخدم معادلة هيزن وليامز بمعامل $C = 140$ ومعامل تخفيض F يعتمد على عدد النقاطات بالخط. ويوجد الفاقد فى الضغط نتيجة اتصال النقاط بالخط emitter connection head loss ويعبر عنه بطول مكافئ equivalent length من خط التنقيط (f_e) بنفس القطر الداخلى له D (مم) لأربعة أنواع من التوصيل (SCS 1984) كما يلى:

$$f_e = \frac{23.04}{D^{1.84}} \quad (m)$$ For large connection نقاط بوصلة كبيرة (قطر ٧,٥مم)

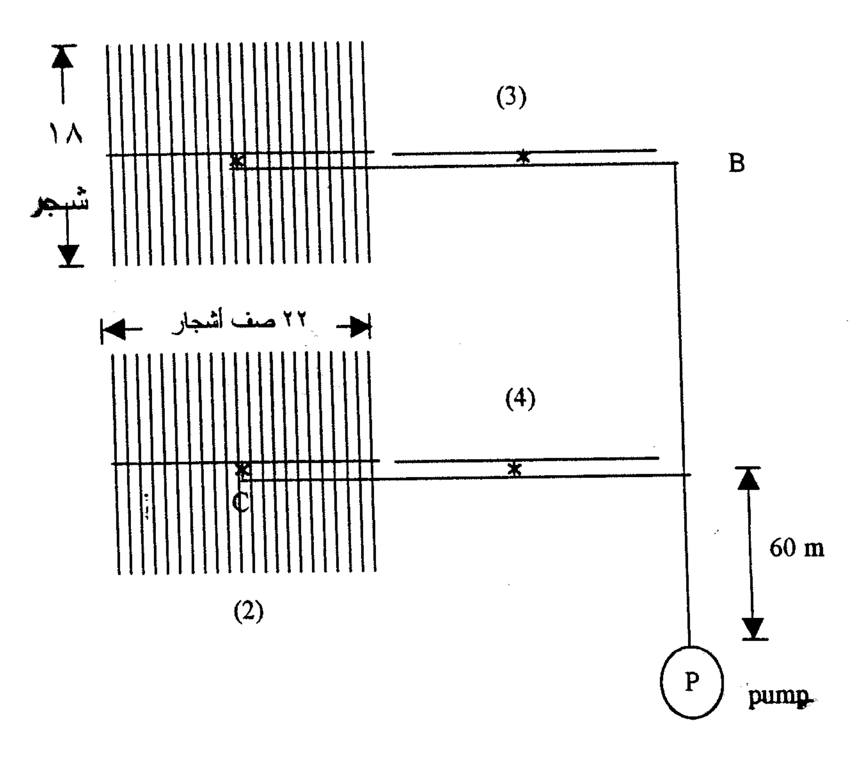
$$f_e = \frac{18.91}{D^{1.87}} \quad (m)$$ For standard connection قاط بوصلة قياسية (قطر ٥مم)

$$f_e = \frac{14.38}{D^{1.89}} \quad (m)$$ For small connection نقاط بوصلة كبيرة (قطر ٣,٨مم)

$$f_e = 0.23 \quad (m)$$ For inline connection نقاط داخلى

ويعبر عن الطول المكافئ لخط التنقيط f_e بالمتر ويمكن إضافة الفاقد نتيجة اتصال النقاط بخط التنقيط فى معادلة حساب الفاقد فى الاحتكاك عن طريق معرفة المسافة بين النقاطات على الخط S_e كما يلى:

$$h_f = \frac{1.22\times10^{10}\times L}{D^{4.87}}\left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852}\times F\times\frac{S_e + f_e}{S}$$



صمم نظام الرى بالتنقيط لرى بستان فواكه ناضجة وذلك تبعا للتخطيط الموضح بالشكل وكانت المعلومات المتاحة كما يلى:

١- الحقل مستوى.

٢- أقصى وقت مسموح به لرى القطعة فى اليوم ٤ ساعة

٣- معادلة تصرف النقاط $q = 1.93\ H^{0.67}$

حيث q تصرف النقاط لتر / س

H ضاغط التشغيل متر والتصرف الاسمى للنقاط ٨ لتر / س

٤- أقصى ضاغط للسحب عند المضخة ٤,٥ متر وصافى ضاغط السحب الموجب للمضخة ٤ متر.

٥- أقصى استهلاك مائى يومى للتنقيط ٤,٥٥ مم / يوم.

٦- كفاءة إضافة المياه ٨٥%.

٧- تزرع الأشجار على مسافات ٥ × ٥ متر

٨- القطعة ١ ، ٢ تروى فى نفس الوقت ثم يعقبها رى القطعتين ٣ ، ٤

<u>الحـــل</u>

Length of lateral = (18 – 1) x 5 = 85 m

Length of manifold = (22 – 1) x 5 = 105 m

Length of sub main AC , BD = (22 + 11) x 5 = 165 m

Length of sub main AB = 18 x 5 = 90 m

حساب التصرف اللازم للشجرة الواحدة

$$q = \frac{ET_t \times s_\ell \times s_\ell}{T\times E_a} = \frac{4.55\times5\times5}{4\times0.85} = 33.45\ \ell/h$$

وحيث أن النقاطات المتاحة تصرفها الاسمى ٨ لتر / س

∴ نختار ٤ نقاطات للشجرة وبذلك يكون تصرف النقاط المطلوب

$$q_e = \frac{33.45}{4} = 8.36\ \ell/h$$

نعوض فى معادلة النقاط بالتصرف ٨,٣٦ لتر/س لإيجاد ضاغط التشغيل المتوسط h_{av}

$$q = 1.93\ H^{0.67} \qquad h_{av} = 9\ m$$

ولإيجاد الحد المسموح به للفاقد فى الضغط

$$\Delta h = \frac{1}{x}\left(\frac{dq}{q}\right)\times h_{av} = \frac{1}{0.67}\times 0.1\times 9 = 1.35\ m$$

Δh for half lateral = 1.35 x 0.55 = 0.7425 m

Δh for half manifold = 1.35 x 0.45 = 0.6075 m

ويمكن تلخيص نتائج الإحتكاك في الخطوط في الجدول التالي :-

Line	Q (m^3/h)	L (m)	F	D_o (mm)	D_i (mm)	H_f (m)
½ lateral	0.301	42.5	0.356	16	13.6	0.6644
½ manifold	6.622	47.5	0.37	50	46.4	0.5234
Sub main AD	13.244	255	1	63	59.2	7.573
Main line	26.488	60	1	90	84.6	1.131

تصميم خط التنقيط

بالتعويض فى معادلة هيزن وليامز بالفاقد المسموح به فى الاحتكاك $h_f = 0.7435$ m وطول خط التنقيط ٤٢,٥ متر وتصرف ٠,٣٠١ م٣/س

وقيمة معامل التخفيض $F = 0.356$ المقابلة لعدد نقاطات (مخارج) ٣٦ وأول نقاط على بعد نصف المسافة وحيث أن خرطوم التنقيط من البولى إيثيلين ومعامل هيزن وليامز $C = 140$

$$0.7425 = \frac{1.22\times10^{10}\times 42.5}{D^{4.87}}\left(\frac{0.301}{140\times3.6}\right)^{1.852}\times 0.356$$

D = 13 mm

وحيث أن الخراطيم المتوافرة فى الأسواق والمستعملة لخطوط التنقيط تبدأ بقطر خارجى ١٦ مم وداخلى ١٣,٦ مم يتم اختيارها والتعويض مرة أخرى فى معادلة هيزن وليامز بقطر داخلى ١٣,٦ مم لإيجاد الفاقد فى الاحتكاك كما يلى

$$h_f = \frac{1.22\times10^{10}\times 42.5}{(13.6)^{4.87}}\left(\frac{0.301}{140\times3.6}\right)^{1.852}\times 0.356$$

$$= 0.596\ m$$

ولإيجاد الفاقد فى الضغط نتيجة توصيل النقاطات بخرطوم التنقيط نفترض أن الوصلة قياسية لذلك نوجد f_e الطول المكافئ للفاقد فى الضغط نتيجة تركيب النقاط فى الخط

$$f_e = \frac{18.91}{D^{1.87}} = \frac{18.91}{(13.6)^{1.87}} = 0.1435$$

لذلك فإن الفاقد الكلى فى الضغط لخط التنقيط يساوى

$$h_f = 0.596\ \frac{s_e + f_e}{s_e}$$

$$= 0.596\ \frac{1.25 + 0.1435}{1.25} = 1.596\times 1.1148 = 0.6644\ m$$

تصميم المشعب

بالتعويض فى معادلة هيزن وليامز واختيار قطر الخط PVC بقطر ٥٠ مم خارجى (٤٦,٤ مم داخلى) ومعامل هيزن وليامز C = 150 ومعامل تخفيض F = 0.37 حيث عدد المخارج ١١ وأول مخرج على بعد نصف المسافة.

$$h_f = \frac{1.22\times10^{10}\times52.5}{(46.4)^{4.87}}\left(\frac{0.602\times11}{150\times3.6}\right)^{1.852}\times0.37$$

$$= 0.5234 \text{ m}$$

تصميم الخط الفرعى A - D

نصمم قطر الخط أولا بحيث لا تتعدى سرعة المياه داخل الخط ١,٥ م/ ث

$$d = 18.8\sqrt{\frac{Q}{V}} = 18.8\sqrt{\frac{13.244}{1.5}} = 55.86 \text{ mm}$$

نختار القطر الأقرب من مواسير PVC وهو ٦٣ مم خارجى (٥٩,٢ مم داخلى) ولإيجاد الفاقد فى الاحتكاك يتم التعويض فى معادلة هيزن وليامز كما يلى

$$h_f = \frac{1.22\times10^{10}\times255}{(59.2)^{4.87}}\left(\frac{13.244}{150\times3.6}\right)^{1.852}$$

$$= 7.573 \text{ m}$$

ويجب التأكد من أن الفاقد فى الضغط بالاحتكاك لا يتعدى المسموح به وهو ٤ متر/ ١٠٠ متر كما يلى

$$J = 7.573\times\frac{100}{255} = 2.969 \text{ m}/100\text{m}$$

وبالتالى فإن الفاقد يقل عن الحد المسموح به

تصميم الخط الرئيسى

نوجد قطر الخط بحيث لا تتعدى سرعة المياه ١,٥ م/ ث

$$d = 18.8\sqrt{\frac{Q}{V}} = 18.8\sqrt{\frac{26.488}{1.5}} = 79 \text{ mm}$$

وحيث أن الأقطار المتوافرة فى الأسواق لمواسير PVC والقريبة من هذا القطر هى

٧٥ مم (٧٠,٦ مم داخلي)

٩٠ مم (٨٤,٦ مم داخلى)

بالتعويض فى القطر الأكبر

$$h_f = \frac{1.22\times10^{10}\times60}{(84.6)^{4.87}}\left(\frac{26.488}{150\times3.6}\right)^{1.852}$$

$$= 1.1306 \text{ m}$$

$$J = 1.1306\times\frac{100}{60} = 1.8843$$

وبالتعويض فى القطر الأصغر

$$h_f = \frac{1.22\times10^{10}\times60}{(70.6)^{4.87}}\left(\frac{26.488}{150\times3.6}\right)^{1.852}$$

$$= 2.7285 \text{ m}$$

$$J = 2.7285\times\frac{100}{60} = 4.547 \text{ m}/100\text{m}$$

الفاقد يتعدى المسموح به وهو ٤م/ ١٠٠م وأيضا يتعدى السرعة المسموح بها لذلك يتم اختيار القطر الأكبر ٩٠ مم.

الفواقد الثانوية فى الخطوط الفرعية والرئيسية

يمكن إيجاد الفواقد الثانوية بطريقة تقريبية وهى ٢٠% من مجموع الفواقد فى الاحتكاك.

$$H_v = 0.20\,(7.573 + 1.1306) = 1.74$$

قدرة المضخة

$$TDH = H_s + NPSH + H_f + h_{av} + \frac{3}{4}\left(h_{f_{lateral}} + h_{f_{manifold}}\right)$$

$$= 4.5 + 4 + 1.2\,(7.57 + 1.13) + 9 + \frac{3}{4}(0.66 + 0.52)$$

$$= 8.5 + 10.44 + 9 + 0.89 = 28.83 \text{ m}$$

يضاف إلى الضغط المحسوب الضاغط اللازم لمحطة التحكم Control Head وتشمل

الفاقد فى الفلتر الشبكى	٢ – ٤ متر
الفلتر الرملى	٤ – ٧ متر
جهاز حقن الأسمدة	٥ – ١٠ متر
إجمالى	١١ - ٢١ متر

وسوف نأخذ هنا الفاقد في محطة التحكم ١٥ متر

أى أن الضاغط الديناميكى الكلى المطلوب من المضخة

$$TDH = 28.83 + 15 = 43.83 \text{ m}$$

$$HP_{pump} = \frac{Q \times TDH}{270 \times E_p}$$

$$= \frac{26.488 \times 43.83}{270 \times 0.70} = 6.14$$

وذلك بفرض كفاءة المضخة ٠,٧٠ ولإيجاد قدرة المحرك بفرض أنه كهربى وكفاءته ٨٥% فإن قدرة المحرك الكهربى المطلوب

$$HP_{motor} = \frac{6.14}{0.85} = 7.22$$

وبذل نختار محرك كهربى قدرته ٧,٥ حصان.

ونلاحظ أنه فى هذا المثال مساحة الحقل ١٠ فدان ويروى نصف الحقل فى ٤ ساعات والنصف الآخر فى ٤ ساعات أخرى أى أن أقصى ساعات تشغيل يومى هى ٨ ساعات فى اليوم ونلاحظ أيضا أن هذه الشبكة كافية لإضافة كمية مياه قدرها ٢٢,٥ م^3/ فدان. يوم عند أقصى الاحتياجات لأشجار موالح تزرع على مسافات ٥ × ٥ متر على فرض أن جهد البخر نتح ٧ مم/ يوم ومعامل المحصول ٠,٦٥ ويمكننا إعداد قائمة بالمواد المطلوبة وتسعيرها لحساب تكلفة إنشاء شبكة الرى بالتنقيط كما يلى

كشف المهمات المطلوبة لتنفيذ شبكة الرى بالتنقيط وعرض الأسعار

م	الصنف	الوحدة	الكمية	سعر الوحدة (جنيه)	إجمالى السعر (جنيه)
-١	خراطيم تنقيط PE ١٦ مم بسمك ١,٢ مم	متر	٧٦٠٠	٠,٣٥	٢٦٦٠
-٢	نقاط ٤ لتر/س	عدد	١٥٨٤	٠,٢٥	٣٩٦
-٣	جرومت ١٦ مم بالجوان	عدد	١٧٦	٠.١٥	٢٦,٤
-٤	نظارة PE ١٦ مم (نهاية الخرطوم)	عدد	١٧٦	٠,٠٤	٧,٠٤
-٥	خرامة نقاطات	عدد	١	١٥	١٥
-٦	مواسير PVC ٦ جوى ٥٠ مم	متر	٤٢٠	٢,١١	٨٨٦,٢
-٧	مواسير PVC ٦ جوى ٦٣ مم	متر	٤٢٠	٢,٩	١٢١٨
-٨	مواسير PVC ٦ جوى ٩٠ مم	متر	٦٠	٥,٨٣	٣٤٩,٨
-٩	لصق PVC	كيلو	٢	٤٠	٨٠
-١٠	تيه PVC حقن ٦٣ مم	عدد	٨	١٠	٨٠
-١١	مسلوب ٦٣ / ٥٠ حقن PVC	عدد	٨	٢,٧	٢١,٦
-١٢	كوع ٦٣ مم PVC حقن	عدد	١٧	٨,٢٠	١٣٩.٤
-١٣	مسلوب ٩٠ / ٦٣ مم حقن PVC	عدد	٢	٧	١٤
-١٤	محبس بليه ١,٥ بوصة	عدد	٨	٢٠	١٦٠
-١٥	رأس خط ١,٥" / ٥٠ مم PVC	عدد	٨	٥	٤٠
-١٦	كوع حقن PVC ٤٥ درجة ٥٠ مم	عدد	٨	٥,٣	٤٢,٤
-١٧	تيه ٩٠ مم PVC حقن	عدد	١	٢٣	٢٣
-١٨	محبس بليه ٢ بوصة	عدد	٤	٣٠	١٢٠
-١٩	رأس خط ٢" / ٦٣ مم PVC حقن	عدد	٨	٥	٤٠
-٢٠	محبس هواء ١ بوصة	عدد	١	١٢٥	١٢٥
-٢١	عداد ضغط ٦ جوى ٠,٢٥ بوصة	عدد	٢	٤٥	٩٠
-٢٢	جهاز حقن لسمدة فنشورى ١ بوصة	عدد	١	٤٥٠	٤٥٠
-٢٣	محطة فلاتر مزودة بعدد ٢ فلتر رملى ٢٠ بوصة وعدد ٢ فلتر شبكى ٢ بوصة ومحابس الغسيل	عدد	١	٥٠٠٠	٥٠٠٠
-٢٤	حفر خنادق بعمق ٦٠ سم	متر	٥٨٥	١,٢٥	٧٣١,٢٥
-٢٥	تركيب مهمات شبكة الرى بالتنقيط	فدان	١٠	١٥٠	١٥٠٠
-٢٦	مضخة طاردة مركزية بمحرك كهربى سعتها ٢٧ م٣/ س عند ضغط ٤,٥ جوى وقدرة المحرك ٧,٥ حصان كاملة بوصلة السحب ومحبس القدم والمصفاة ومحبس الطرد وعدم الرجوع	عدد	١	٣٥٠٠	٣٥٠٠
	إجمالى				١٧٧١٥,٠٩

تكلفة توريد وتركيب شبكة الرى بالتنقيط فاكهة = ١٧٧١,٥١ جنيه / فدان.

١٦

التحليل الاقتصادي لنظم الري

Economic Analysis of Irrigation System

يقوم المزارع بتركيب نظام الري المتطور للحصول على عائد مادي مرتفع نتيجة الحصول على إنتاج مرتفع. ولهذا فمن الضروري حساب جميع عناصر التكاليف لنظام الري. وبالتالي يمكن مقارنة إجمالي التكاليف بالعائد أو الزيادة فى الدخل. ويجب التوضيح هنا أن اعتبار تكلفة نظام الري هي تكلفة شراؤه أو إنشاؤه فقط تعتبر مضللة misleading فتكلفة الشراء أو الإنشاء initial cost غالبا ما تقل عن ثلث التكاليف الكلية لنظام الرى. وسوف نستعرض هنا الدليل Guide لحساب عناصر التكاليف لنظام الري.

وسوف تستخدم هنا معامل استرداد رأس المال Capital Recovery Factor (CRF) فهو يجمع بين الاستهلاك depreciation والعائد على رأس المال interest on investment فى رقم واحد. فعند ضرب هذا الرقم

في سعر شراء المعدة نحصل بدقة على التكلفة السنوية للمعدة equipment costs per year. ويجب حساب عناصر التكاليف الآتية:

١- التكلفة الثابتة Fixed Costs

تشمل التكاليف الثابتة على جميع بنود الإنشاء والمعدات وحفر الآبار وإنشاء خطوط الأنابيب والجدول التالى يوضح العمر الافتراضى لمكونات نظام الرى

مكونات نظام الري	سنوات الاستهلاك
البئر (well)	٢٥
المضخة (pump)	١٥
المحرك (power unit)	
ديزل (Diesel)	١٥
كهرباء (Electric)	٢٥
منشآت خرسانية (concrete structures)	٢٠
أنابيب خرسانية (concrete pipelines)	٢٠
أنابيب PVC مدفونة واسبستوس سمنت	٤٠
أنابيب صلب مغطى مدفونة Pipe, steel, coated, underground	٢٠
أنابيب ألومنيوم Aluminum pipe	١٥
رشاشات . (sprinkler pipe)	٨
نقاطات (trickle emitters)	٨
فلاتر (trickle filters	١٥
خراطيم تنقيط	١٠

معامل استرداد رأس المال CRF

Estimated Life Years سنوات العمر الافتراضي	سعر الفائدة السنوية علي رأس المال Compound Interest Rate %.									
	3	5	6	7	8	9	10	11	12	15
4	0.2690	0.2820	0.2886	0.2952	0.3019	0.3087	0.3155	0.3223	0.3292	0.3503
5	0.2184	0.2310	0.2374	0.2439	0.2505	0.2571	0.2638	0.2706	0.2774	0.2983
6	0.1846	0.1970	0.2034	0.2098	0.2163	0.2229	0.2296	0.2364	0.2432	0.2642
7	0.1605	0.1728	0.1791	0.1856	0.1921	0.1987	0.2054	0.2122	0.2191	0.2404
8	0.1425	0.1547	0.1610	0.1675	0.1740	0.1807	0.1874	0.1943	0.2013	0.2229
9	0.1284	0.1407	0.1470	0.1535	0.1601	0.1668	0.1736	0.1806	0.1877	0.2096
10	0.1172	0.1295	0.1359	0.1424	0.1490	0.1558	0.1627	0.1698	0.1770	0.1993
15	0.0838	0.0963	0.1030	0.1098	0.1168	0.1241	0.1315	0.1391	0.1468	0.1710
20	0.0672	0.0802	0.0872	0.0944	0.1019	0.1095	0.1175	0.1256	0.1339	0.1598
25	0.0574	0.0710	0.0782	0.0858	0.0937	0.1018	0.1102	0.1187	0.1275	0.1547
40	0.0433	0.0583	0.0665	0.0750	0.0839	0.0930	0.1023	0.1117	0.1213	0.1506

ويتم حساب معامل استرداد رأس المال CRF من المعادلة الآتية أيضا

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

حيث i : سعر الفائدة السنوية على رأس المال كنسبة كسرية interest rate decimal

n: عدد سنوات العمر الافتراضي

التكاليف السنوية = معامل استرداد رأس المال × سعر الشراء أو التكلفة الإنشائية

٣- التكاليف المتغيرة

Annual Operation & Maintenance costs

تشمل التكاليف المتغيرة على عمالة الرى وتكلفة الوقود أو الكهرباء والصيانة لأجهزة الرى أو المجارى المائية أو التسوية leveling. ولتوضيح كيفية القيام بحسابات التكاليف لنظام الري دعنا نأخذ مثال يلقى الضوء ويمكن الاستعانة به كدليل لحساب بنود التكاليف لأي نظام رى.

مثال:

مزرعة مساحتها ٤٠ فدان تروى بالرش النقالى. مصدر المياه سطحي عبارة عن فرع ري بجانب المزرعة. ولا يوجد تسعير للمياه No charge for water ويغطى نظام الرى بالرش النقالى Hand move system مساحة المزرعة خلا ٤ أيام (الفترة بين الريات). ونفترض أن موسم النمو للمحصول ١٢٠ يوم (عدد الريات ٣٠ رية) ويعمل خطين ري بالرش طول كل خط ٢٧٠ متر والمسافات بين الرشاشات = ٩ × ١٨ متر وكانت تكلفة الشراء والتركيب كما يلى:

خطوط رئيسية	٨٠٠٠ جنيه
خطوط رش	٦٠٠٠ جنيه

رشاشات	١٨٠٠ جنيه
مضخة بمحرك كهربي	١٢٠٠٠ جنيه

تصرف المضخة ١٠٨ م^3/س عند ضغط ٥٠ متر وقدرة ٣٠ حصان.

أولاً التكاليف الثابتة Fixed costs

١- المضخة والمحرك سعر الشراء = ١٢٠٠٠ جنيه – عمر = ١٥ سنة - سعر الفائدة ١٠%

من الجدول CRF = 0.1315

Cost per year = 12000 × 0.1315 = 1578 L.E

٢- خطوط رئيسية سعر الشراء = ٨٠٠٠ جنيه – عمر = ٤٠ سنة - سعر الفائدة ١٠%

من الجدول CRF = 0.1023

Cost per year = 8000 × 0.1023 = 818.4 L.E

٣- خطوط الرش سعر الشراء = ٦٠٠٠ جنيه – عمر = ١٥ سنة - سعر الفائدة ١٠%

من الجدول CRF = 0.1315

Cost per year = 6000 × 0.1315 = 789 L.E

٤- رشاشات سعر الشراء = ١٨٠٠ جنيه – عمر = ٨ سنة - سعر الفائدة ١٠%

من الجدول CRF = 0.1874

Cost per year = 1800 × 0.1874 = 337.32 L.E

Total .... per year = 3522.72 L.E

ثانيا: التكاليف المتغيرة Operating costs

١- عمالة الري: تحسب عمالة الري على أساس عامل رى لكل خط (٢٠ فدان) ولأجرة العامل فى اليوم ١٠ جنيه.

تكلفة العمالة = ٢ عامل × ١٠ جنيه / يوم × ١٢٠ يوم = ٢٤٠٠ جنيه.

وقد تحسب تكلفة العمالة على أساس ٠,٦٣ ساعة لكل فدان في الرية وتكلفة الساعة ٣ جنيه

تكلفة العمالة = ٠,٦٣ × ٤٠ × ٣٠ رية × ٣ جنيه/ ساعة = ٢٢٦٨ جنيه

٢- تكلفة الكهرباء: القدرة الفرملية للمحرك ٣٠ حصان أى ١,٣٦/٣٠ = ٢٢ كيلووات وحيث أن ساعات التشغيل اليومي لنظام الري ١٢ ساعة فى اليوم وأن موسم النمو للمحصول ١٢٠ يوم وعلى فرض أن سعر الكهرباء المدعم ٧ قروش لكل كيلووات . ساعة فإن تكلفة الكهرباء تحسب كما يلي:

Power cost = 22 KW/hr × 120 day × 12 hours/day × 0.07 L.E/KW.hr

= 2217.6 L.E

ونلاحظ أن تكلفة استهلاك الكهرباء تساوى ٤٠/٢٢١٧,٦ فدان ≅ ٥٥ جنيه/ فدان في الموسم وتساوى ١١٠ جنيه للفدان خلال السنة (موسمين) بالمقارنة بسعر الكهرباء التى يقوم بدفعها الخريج فى السنة عن الفدان لمؤسسة الكهرباء وهى ٨٥ جنيه للفدان.

وبذلك تكون التكاليف الكلية لنظام الري بالرش النقالى لمساحة ٤٠ فدان كما يلي:

Total Costs

Fixed costs	3522.72 L.E	
Labor costs	2268.00 L.E	× 2 season / year = 4536 L.E
Power costs	2217.6 L.E	× 2 season / year = 4435.2 L.E
Total cost	12493.92 L.E	

$$\text{Cost per Feddan per year} = \frac{12493.92}{40} = 312.35 \text{ L.E}$$

References المراجع

Allen, R.G., Jensen M.E., Wright, J.J. and Burman, R.D., 1989. Operational estimates of reference evapotranspiration. Agron. J., 81, 650-662.

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration. Guid for computing crop water requirements. FAO Irrig.& Drain. Paper No. 56.

Anon 1983. Sprinkler Irrigation. Ch. 11. Sec. 15 (Irrigation) of SCS National Engineering Handbook, 121 pp.

ASAE Standards 1999. S. Josph, MI USA.

Bliensner, R.D., and J. Keller. 1982. Diesel Powered Pumping for Irrigation. 2nd ed. Detroit, Michigan: Detroit Diesel Allison Division of General Motors Crop.

Boswell, M.J. 1990. Micro-Irrigation Design Manual. By James Hardie Irrigation, Inc.

Brater, E.F. and H.W. King. 1976 Handbook of Hydraulics. New York Mc Graw Hill.

Burt, C.M. 1995. The Surface Irrigation Manual Waterman Industries, Inc. Ca. USA.

Camp, C.R., E.J. sadler, and R.E. Yoder ed. 1996. "Evapotranspiration and Irrigation Scheduling". Proceedings of the international conference Nov. 3-6 1996, San Antonio, Texas. Published by ASAE.

Catalogues of Railbird, Nelson, Hunter, James Hardie, Amiad, Netafim, Naan, Dan, Bermad, and Valley.

Cherkassky, V. 1990. Pumps Fans Compressors. Mir Publishers Moscow, English translation.

Chow, Ven Te. 1959. Open channel Hydraulics Mc Graw-Hill Book Company, NY. 680PP.

Cuenca, R.H. 1989. Irrigation system. Design. An Engineering Approach. Prentice Hall. Englewood cliffs, New Jersey.

Doorenbos, J. and Kassam, A.H., 1979. Yield response to water. Irrig. Drain. Pap. 33, FAO, Rome, Italy. 169 pp.

Doorenbos, J. and Pruitt, W.D., 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. Irrig. Drain. Pap. 24, FAO, Rome, Italy.

Douglas, J.F. 1989. Solving Problems in Fluid Mechanics. ELBS/Longman.

Douglas, J.F., J.M. Gasiorek, and J.A. Swaffield. 1990. Fluid Mechanics. ELBS / Longman.

FAO Irrig.& Drain. Paper No. 1. Irrigation Practice and Water Management, 1984.

FAO Irrig.& Drain. Paper No. 36. Localized Irrigation, 1980.

FAO Irrig.& Drain. Paper No. 39. Lysimeters, 1982.

FAO Irrig.& Drain. Paper No. 49. CLIMWAT for CROPWAT, 1993.

Featherstone, R.E. and C. Nalluri 1982. Civil Engineering Hydraulics. ELBS Collins.

Fraenkel, P.L. 1986. Water lifting Devices. Irrigation & Drainage Paper No. 43, Fao, Rome.

Gray, A.S. (1961). Sprinkler Irrigation Hand book, 7th ed., Rain Bird sprinkler Mfg. Crop. Glendora, Calif.

Hagan, R.M., H.R. Haise, and T.W. Edminster (1967). Irrigation of Agricultural Lands monograph 11. Am. Soc. Agron., Madison, wisc.

Hansen, V.E., O.W. Israelsen, and G.E. Stringham. 1980. Irrigation Principals and practices, Fourth edition, New York: John Wiley and sons.

Hoffman, G.J., T.A. Howell, and K.H. Solomon ed. 1990. "Management of farm Irrigation system". An ASAE Monograph.

Israelson, D.W., and V.E. Hansen 1980. Irrigation principles and practices 4th ed., Wiley, New York.

James, Larry G. 1988. Principles of Farm Irrigation System Design John Wiley & Sons.

Jensen, M.E., ed., "Design and operation of Frame Irrigation System," Monograph no. 3, American

Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, 1980.

Karameli, D., and J. Keller. (1975). Trickle Irrigation Design. Rain Bird sprinkler Mfr. Crop., Glendora, Calif.

Karassik, I.J., W.C. 1988. Hydraulic Handbook Fairbanks Morse Pump Corporation.

Karassik, I.J., W.C. Krutzsch, W.H. Fraser, and J.P. Messina. 1976. Pump Handbook. New York: Mc Graw-Hill.

Keller, J. and R.D. Bliesner. 1990. Sprinkle and Trickle Irrigation. AVI Book by an Nostrand Reinhold New York.

KRAATZ, D.B. 1977. Irrigation Canal Lining. FAO Land and water Development Series No. 1.

Linsley, R.K., and J.B. Franzini (1979). Water resources engineering. 3rd ed., Mc Graw Hill, New York.

Lionel rolland, 1982 Mechanized sprinkler irrigation. FAO Paper No. 35.

Luthin, J.N. 1973. Drainage engineering. R.E. Krieger Publ. Co., Huntington, N.Y., 250 P.

Melvyn Kay, 1986 Surface irrigation system and Practice. Cranfield press UK.

Melvyn Kay,1984 Sprinkler irrigation equipment and Practice, Cranfield Press UK.

Merriam, J.L. and J. Keller 1978 Farm Irrigation system evaluation A guide for management 3rd ed., Utah State Univ., Longan, 285 P.

Michael, A.M., 1978. Irrigation Theory and Practice. Vikas Publishing House PVT LTD 801 P.

Nakayama, F.S, and D.A.Bucks. 1986. Trickle Irrigation for Crop Production. Elsevier Science Publishers B.V.

Nir, Z. 1982. Pumps and Pumping. In CRC Handbook of Irrigation Technology, ed. H.J. Finkel, vol. 1, pp. 299-338. Boca Raton, Florida: CRC Press.

Pair, C.H. 1983. Irrigation. Sprinkler Irrigation Assoc. 1397 Connecticut Ave., Silver Spring, MD 20906.

Prasuhn, Alan L. 1992. Fundamentals of Hydraulic Engineering. Oxford univ. Press, Inc.

Roberson, J.A. and C.T. Crowe 1980. Engineering Fluid Mechanics Houghton Mifflin Company.

Rochester, E.W. 1995. Landscape Irrigation Design. ASAE. St. Joseph, Michigan.

Schwab, G.O., R. Frevert, T. Edminster, and K. Barnes. 1981. Soil and Water Conservation Engineering. Jon Wiley & Sons.

Simon, A.L. 1981. Practical Hydraulics. John Wiley & Sons.

Soil Conservation Service. 1984. Trickle Irrigation. U.S. Dept. of Agric., National Eng. Handbook, Ch. 15, Sec. 15. 129.pp.

Smith M., 1992. CROPWAT-A Computer pogrom for irrigation planning and management. Irrigation and Drainage paper 46, FAO, Rome, Italy.

U.S. Soil Conservation Service (1959). "Irrigation Pumping Plants" Irrigation, Section 15, Chapter 8. Washington D.C

U.S Soil Conservation Service (1960) National Engineering Handbook. Sec. 15. Chap 11 Washington. D.C

U.S Soil Conservation service (1974). Border Irrigation. in National Engineering Hand book. Sec. 15, Chap 4. Washington, D.C

U.S. Dept. of the Interior 1975. Water Measurement Manual. U.S. Bureau of Reclamation, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 327 pp.

USBR. 1978. Design of Small Canal Structures. Denver, Colorado.

Walker, W.R., G.V.Skogerboe.1987. The Theory and Practice of Surface Irrigation. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.

Watkins, J.A. 1987. Turf Irrigation Manual. Dallas, Tex.: Telsco Industries.

Withers, B. and Stanley vipond, 1980. Irrigation design and Practice 2nd ed. Cornell Univ. Press.

Zimmerman, J.D. 1966. Irrigation. John Wiley and Sons, New York, NY.

مراجع عربية

أستراتيجية الموارد المائية لمصر حتي عام ٢٠١٧. ١٩٩٧ . وزارة الأشغال العامة والموارد المائية.

سمير محمد إسماعيل ١٩٨٦. تصميم نظم الري الحقلي.دار الكتاب الجامعي. ٥٤٠ صفحة.

سمير محمد إسماعيل ٢٠٠١ . هيدروليكا المضخات والقنوات المكشوفة. بستان المعرفة. رقم إيداع ١٨٢٥ / ٢٠٠١. I.S.B.N 977-6015-17-4 ٢٨٦ صفحة.

ضياء الدين القوصي . مقالة بجريدة الأهرام بعنوان " نصيب الفرد في مصر .. الي أين. ١٩٨٨/٨/١٦.

حازم عبد الحمن. مقالة بجريدة الأهرام بعنوان " فقر وجوع وحروب أهلية" . رسالة عنتيبي. ٢٠٠١/٦/١٢.

بعض البحوث العلمية الخاصة بالمؤلف

1. Ismail, S.M., G.L. Westesen, and W.E. Larsen, 1985. Surge flow border irrigation using an automatic drop gate. Trans. of ASAE.28(2):532-536.

2. Westesen, G.L., and S. M. Ismail. 1985. Evaporation from washtubs covered by various size screens. applied Engineering in Agriculture of ASAE Vol.1(2): 100-102.

3. Ismail, S.M. 1985. Water distribution under low-pressure center-pivot sprinkler irrigation system. Misr J. Ag. Eng., 2(4): 81-96.

4. Ismail, S.M. 1986. Kinetic Energy of water droplets at terminal velocity under spray and revolving sprinkler. Misr J. Ag. Eng. 3(4):43-57

5. Ismail, S. M. 1987 Sprinkler catch-cans test for estimating impact energy and droplet size distribution. Misr J. Ag. Eng. 4(1): 63-78

6. Ismail, S.M. 1993 (1413 A.H.). Optimal irrigation and wheat yield response to applied water. J King Saud Univ., Vol.5, Agric. Sci. (1),pp.41-56.

7. Ismail, S.M. 1993 (1413 A.H.). Reference evapotranspiration study in Al- Qassim Region. J. King Saud Univ., Vol.5, Agric. Sci. (2), pp.17-27.

8. Ismail, S.M. 1992. Characterizing micro-irrigation emission devices performance. Misr J. Ag. Eng., 9(3):325-334.

9. Ismail, S.M., and T.M. Shehab El-Din. 1992. Wheat yield response to water and nitrogen under sprinkler irrigation. Misr J. Ag. Eng., 9(4):617-623.

10. Ismail, S.M. 1993. Soil-wick self-regulating subsurface irrigation. Paper presented at the Irrigation Association's 1992 International Irrigation Exposition & Technical Conference Nov. 1-4, 1992. New Orleans, LA.
    Misr J.Ag.Eng.(1993), 10(1):44-52.
    Paper No. 962102 presented at the 1996 ASAE meeting. Phoenix, Arizona. July 14-18.

11. Ismail, S.M. 1993. Development of irrigation crop coefficients for wheat in Al-Qassim region. Arab Gulf J. Science. Res. 11(1). pp. 57-67.

12. Ismail, S.M., and A.W. Etman.1993. Potatoes yield response under sprinkler and trickle irrigation. Misr J. Ag. Eng., 10(2):300-310.

13. Ismail, S.M 1993. Hydraulic simulation of drip irrigation system. Alex. J Agric. Res. 38(2):25-43.

14. Ismail, S.M. 1993. Predicting and improving surface irrigation performance. Alex. J. Agric. Res. 38(3):23-49

15. Ismail. S.M. 1993. Sprinkler-irrigated wheat production function and mathematical optimization. Alex. J Agric Res. 38(3):51-69

16. Ismail. S.M., A. Metwally, and M. A. Sabbah 1996 Irrigation Systems Evaluation in Desert Farming.
    Paper presented at the 3rd AUC Research Conference Cairo, April 21-22. Paper presented at the 5th International Conference on Desert Development. Lubbock Texas. August 12-17, 1996.

17. Ismail, S.M., E. R. ElAshry, G. A. Sharaf, and M. N. ElNesr 2001. Computer Aided Design of Trickle Irrigation Systems. Misr J. Ag. Eng. 18(2): 243-260

الاحتياجات الغسيلية Leaching requirement (LR)

ينشأ التمليح نتيجة تبخر الماء من على سطح التربة مخلفاً الأملاح على السطح وكذلك فى منطقة الجذور، وتحتاج التربة لصيانة ضد هذا الخطر فيجب إجراء عمليات الغسيل لإذابة هذه الأملاح المتراكمة وتحريكها حتى أسفل منطقة الجذور. ويجب أن تكون الاحتياجات الغسيلية كافية لحفظ مستوى الملوحة في منطقة الجذور عند الحد الذي لا يؤثر على نمو المحصول وإنتاجيته. ويمكن تعريف الاحتياجات الغسيلية (LR) بأنها كمية المياه اللازم مرورها خلال منطقة الجذور حتى تحفظ مستوى الأملاح بها عند حد معين. وتقدر الاحتياجات الغسيلية في الغالب كنسبة مئوية من احتياجات الري. والتعبير عن الاحتياجات الغسيلية كنسبة مئوية يكون عند تقدير احتياجات الرى أو المقنن المائى الفعلى أما إذا عبر عنها كعمق فإنها توضع فى معادلة حساب احتياجات الرى الصافية I_n. وفى هذا الكتاب سنتعامل معها كنسبة مئوية ولهذا السبب تظهر عند حساب احتياجات الري V أو مقنن الري.

ومن المعروف أنه إذا زاد تركيز الأملاح في مستخلص التربة المشبع عن ٤ ملليموز/سم (4 ds/m) تعد التربة ملحية. ويمكن صياغة معادلة التوازن الملحي كما يلى:

$$D_i C_i = D_d C_d$$

$$LR = \frac{D_d}{D_i} = \frac{C_i}{C_d} = \frac{EC_i}{EC_d}$$

حيث C_i تركيز الأملاح الكلية في مياه الري بمقياس التوصيل الكهربى EC_i

C_d تركيز الأملاح الكلية فى مياه الصرف بمقياس التوصيل الكهربى EC_d

D_d عمق أو حجم مياه الصرف

D_i عمق أو حجم مياه الري

وغالباً ما يعبر عن تحمل المحاصيل للملوحة بدلالة التوصيل الكهربى لمحلول التربة المشبع EC_e . وكما هو مبين في جدول (٧ – ١) وحيث أن مياه الصرف المتسربة أسفل منطقة الجذور تكون عند السعة الحقلية وليس عند التشبع فإنه تؤخذ الملوحة عند السعة الحقلية مساوية لضعف الملوحة عند التشبع (المحتوى الرطوبى عند التشبع يساوى تقريباً ضعف المحتوى الرطوبى عند السعة الحقلية)

$$EC_d = 2\,EC_e$$

$$LR = \frac{EC_i}{2\,EC_e}$$

وحسب طريقة FAO فإنه يستخدم للرى بالتنقيط المعادلة الآتية

$$LR = \frac{EC_i}{2\ \text{Max}\ EC_e}$$

حيث Max ECe :اقصى توصيل كهربي يتحمله المحصول لمحلول التربة المشبع ويتحصل عليه من جدول (٧ – ١).

وقد أوجد Ayers and Westcot (1976) علاقة أخرى لحساب الاحتياجات الغسيليه حيث أوضح أن الملوحة في منطقة الجذور هى متوسط الملوحة لمياه الرى وملوحة مياه الصرف وأن الملوحة عند السعة الحقلية تساوى ٢,٥ الملوحة عند التشبع وبذلك تكون:

$$\frac{EC_d + EC_i}{2} = 2.5 EC_e$$

$$EC_d + EC_i = 5 EC_e$$

$$EC_d = 5 EC_e - EC_i$$

$$\therefore LR = \frac{EC_i}{EC_d}$$

$$LR = \frac{EC_i}{5EC_e - EC_i}$$

وتستخدم FAO هذه المعادلة لحساب الاحتياجات الغسيلية للرى السطحى والرى بالرش.

وقد توصل هوفمان (1980) Hoffmanإلى علاقة تجريبية تربط بين عمق المياه المستعملة فى الغسيل D وعمق التربة المطلوب غسيلها Ds وتركيز الملاح فى التربة المطلوب بعد الغسيل C والتركيز الابتدائى للأملاح فى قطاع التربة قبل الغسيل Co كما يلى:

$$\frac{C}{C_o} = \frac{K}{\left(D/D_S\right)}$$

حيث K= 0.1 for sandy loam soil

K= 0.3 for clay, silty clay loam, silty clay and clay loam soils

وقد تتم عملية الغسيل بالغمر Continuous ponding في حالة استخدام الري السطحي ووجود صرف جيد وتسوية جيدة وقد تتم أثناء زراعة الأرز.

وقد تتم عملية الغسيل أيضا بالغمر على دفعات Intermittent ponding لزيادة كفاءة عملية الغسيل حيث يسمح بهبوط مستوى الماء الأرضي عن طريق الصرف المغطى. وقد تتم عملية الغسيل عن طريق الري بالرش Sprinkling عندما يستخدم الري بالرش في الحقل ويكون الحقل غير معد للري السطحي وتعتبر هذه الطريقة ذات كفاءة مرتفعة فى الغسيل وخاصة تحت ظروف بخر وسرعة رياح منخفضة. وهى تستخدم في حالة التربة الرملية غير المستوية وخاصة عندما تكون المياه محدودة ومكلفة وعندما يكون

نظام الصرف محدودا ولا يستوعب كمية مياه الصرف الناتجة عن الغسيل وبجب التفريق هنا بين الاحتياجات الغسيلية (LR) كنسبة مئوية من مياه الرى التى تستخدم فى معادلة حساب مقنن الري، فهي تضاف كنسبة مئوية من مياه الري سواء على دفعات أو حيثما تكون مياه الري متوافرة. وبين عمق مياه الغسيل D المطلوبة لاستصلاح التربة الملحية والتي يزيد التوصيل الكهربي للأملاح بها عن ٤ ملليموز/سم وذلك للوصول بملوحة قطاع التربة بعد الغسيل عند مستوى معين من الأملاح ويحسب من علاقة هوفمان التجريبية.

تأثير نقص رطوبة التربة moisture stress على البخر نتح للمحصول

عندما تكون التربة رطبة potential energyترتفع طاقة جهد المياه وتتحرك المياه بحرية ويمكن لجذور النبات امتصاص الرطوبة بسهولة وعلى العكس فى التربة الجافة تكون طاقة جهد المياه منخفضة وممسوكة بقوة بالقوة لحبيبات التربة Capillary and absorptiveالشعرية والامتصاص وبالتالى لا تكون سهلة الامتصاص بواسطة جذور النباتات. فعندما تقل طاقة جهد المياه فى التربة عن قيمة البداية أو الفاصل threshold valueفإن يقال أو نقص رطوبة Water stressedأن المحصول تعرض للإجهاد الرطوبى التربة.

ويتم وصف تعرض المحصول للإجهاد الرطوبى بواسطة معامل الإجهاد الرطوبى k_s water stress coefficient حيث يصف تأثير الإجهاد الرطوبى على فتح المحصول كما يلى

$$ET_{c_{adj}} = K_s . K_c . ET_o$$

جدول(٧ ــ ١) : المستويات المختلفة لتحمل المحاصيل للأملاح فمستوى ١٠٠%
يعنى أنه لا يوجد نقص فى الانتاج Ayers and Westcot, 1976 .

Max. Ec_e	50 %		75 %		90 %		100 %		المحصول
	Ec_w	Ec_e	Ec_w	Ec_e	Ec_w	Ec_e	Ec_w	Ec_e	
									محاصيل حقلية
٢٨	١٢٫٠	١٨٫٠	٨٫٧	١٣٫٠	٦٫٧	١٠٫٠	٥٫٣	٨	شعير
٧	٢٫٤	٣٫٦	١٫٥	٢٫٣	١٫٠	١٫٥	٠٫٧	١	فول جاف
١٢	٤٫٥	٦٫٨	٢٫٠	٤٫٢	١٫٨	٢٫٦	١٫١	١٫٦	فول حراتى
١٠	٣٫٩	٥٫٩	٢٫٥	٣٫٨	١٫٧	٢٫٥	١٫١	١٫٧	ذرة
٢٧	١٢٫٠	١٧٫٠	٨٫٤	١٣٫٠	٦٫٤	٩٫٦	٥٫١	٧٫٧	قطن
٩	٣٫٢	٤٫٩	٢٫١	٣٫١	١٫٣	٢٫٠	٠٫٩	١٫٣	لوبيا العلف
١٠	٣٫٩	٥٫٩	٢٫٥	٣٫٨	١٫٧	٢٫٥	١٫١	١٫٧	كتان
٧	٣٫٣	٤٫٩	٢٫٧	٤٫١	٢٫٤	٣٫٥	٢٫١	٣٫٢	فول سودانى
١٢	٤٫٨	٧٫٢	٣٫٤	٥٫١	٢٫٦	٣٫٨	٢٫٠	٣	أرز
١٥	٦٫٦	٩٫٩	٥٫٠	٧٫٦	٤٫١	٦٫٢	٣٫٥	٥٫٣	قرطم
١٨	٧٫٢	١١٫٠	٤٫٨	٧٫٢	٣٫٤	٥٫١	٢٫٧	٤	ذرة رفيعة
١٠	٥٫٠	٧٫٥	٤٫٢	٦٫٢	٣٫٧	٥٫٥	٣٫٣	٥	فول صويا
٢٤	١٠٫٠	١٥٫٠	٧٫٥	١١٫٠	٥٫٨	٨٫٧	٤٫٧	٧	بنجر سكر
٢٠	٨٫٧	١٣٫٠	٦٫٤	٩٫٥	٤٫٩	٧٫٤	٤٫٠	٦	قمح
									محاصيل خضر
٧	٢٫٤	٣٫٦	١٫٥	٢٫٣	١٫٠	١٫٥	٠٫٧	١٫٠	فاصوليا
١٥	٦٫٤	٩٫٦	٤٫٥	٦٫٨	٣٫٤	٥٫١	٢٫٧	٤٫٠	بنجر
١٢	٤٫٦	٧٫٠	٢٫٩	٤٫٤	١٫٩	٢٫٨	١٫٢	١٫٨	كرنب
١٦	٦٫١	٩٫١	٣٫٨	٥٫٧	٢٫٤	٣٫٦	١٫٥	٢٫٢	كنتالوب
٨	٣٫١	٤٫٦	١٫٩	٢٫٨	١٫١	١٫٧	٠٫٧	١٫٠	جزر
١٠	٤٫٢	٦٫٣	٢٫٩	٤٫٤	٢٫٢	٣٫٣	١٫٧	٢٫٥	خيار
٩	٣٫٤	٥٫٢	٢٫١	٣٫٢	١٫٤	٢٫١	٠٫٩	١٫٣	خس
٨	٢٫٩	٤٫٣	١٫٨	٢٫٨	١٫٢	١٫٨	٠٫٨	١٫٢	بصل
٩	٣٫٤	٥٫١	٢٫٢	٣٫٣	١٫٥	٢٫٢	١٫٠	١٫٥	فلفل
١٠	٣٫٩	٥٫٩	٢٫٥	٣٫٨	١٫٧	٢٫٥	١٫١	١٫٧	بطاطس
٩	٣٫٤	٥٫٠	٢٫١	٣٫١	١٫٣	٢٫٠	٠٫٨	١٫٢	فجل
١٥	٥٫٧	٨٫٦	٣٫٥	٥٫٣	٢٫٢	٣٫٣	١٫٣	٢٫٠	سبانخ
١٠	٣٫٩	٥٫٩	٢٫٥	٣٫٨	١٫٧	٢٫٥	١٫١	١٫٧	ذرة سكرية
١١	٤٫٠	٦٫٠	٢٫٥	٣٫٨	١٫٦	٢٫٤	١٫٠	١٫٥	بطاطا
١٣	٥٫٠	٧٫٦	٣٫٤	٥٫٠	٢٫٣	٣٫٥	١٫٧	٢٫٥	طماطم
									محاصيل علف
١٦	٥٫٩	٨٫٨	٣٫٦	٥٫٤	٢٫٢	٣٫٤	١٫٣	٢٫٠	برسيم حجازى
٥٠	٨٫٧	١٣٫٠	٦٫٣	٩٫٥	٤٫٩	٧٫٤	٤٫٠	٦٫٠	شعير
٢٣	٩٫٨	١٤٫٧	٧٫٢	١٠٫٨	٥٫٧	٨٫٥	٤٫٦	٦٫٩	حشيشة برمودا
١٩	٦٫٨	١٠٫٣	٣٫٩	٥٫٩	٢٫١	٣٫٢	١٫٠	١٫٥	برسيم
١٦	٥٫٧	٨٫٦	٣٫٥	٥٫٢	٢٫١	٣٫٢	١٫٢	١٫٨	ذرة علف
١٩	٨٫١	١٢٫٢	٥٫٩	٨٫٩	٤٫٦	٦٫٩	٣٫٧	٥٫٦	حشيشة الراى
٢٦	٩٫٦	١٤٫٤	٥٫٧	٨٫٦	٣٫٤	٥٫١	١٫٩	٢٫٨	حشيشة السودان
									محاصيل فاكهة
٧	٢٫٧	٤٫١	١٫٩	٢٫٨	١٫٤	٢٫٠	١٫٠	١٫٥	لوز
٨	٣٫٢	٤٫٨	٢٫٢	٣٫٣	١٫٦	٢٫٣	١٫٠	١٫٧	تفاح ، كمثرى
٦	٢٫٥	٣٫٧	١٫٨	٢٫٦	١٫٣	٢٫٠	١٫١	١٫٦	مشمش
٦	٢٫٤	٣٫٧	١٫٧	٢٫٥	١٫٢	١٫٨	٠٫٩	١٫٣	أفوكادو
٣٢	١٢٫٠	١٧٫٩	٧٫٣	١٠٫٩	٤٫٥	٦٫٨	٢٫٧	٤٫٠	نخيل البلح
١٤	٥٫٦	٨٫٤	٣٫٧	٥٫٥	٢٫٦	٣٫٨	١٫٨	٢٫٧	تين ، زيتون ، رمان
١٢	٤٫٥	٦٫٧	٢٫٧	٤٫١	١٫٧	٢٫٥	١٫٠	١٫٥	عنب
٨	٣.	٤٫٩	٢٫٢	٣٫٤	١٫٦	٢٫٤	١٫٢	١٫٨	جريب فروت
٨	٣٫٢	٤٫٨	٢٫٢	٣٫٣	١٫٦	٢٫٣	١٫١	١٫٧	ليمون
٨	٣٫٢	٤٫٨	٢٫٢	٣٫٢	١٫٦	٢٫٣	١٫١	١٫٧	برتقال
٧	٢٫٧	٤٫١	١٫٩	٢٫٩	١٫٤	٢٫٢	١٫١	١٫٧	خوخ
٧	٢٫٨	٤٫٣	١٫٩	٢٫٩	١٫٤	٢٫١	١٫٠	١٫٥	برقوق
٤	١٫٧	٢٫٥	١٫٢	١٫٨	٠٫٩	١٫٣	٠٫٧	١٫٠	فراولة
٨	٣٫٢	٤٫٨	٢٫٢	١٫٣	١٫٦	٢٫٣	١٫١	١٫٧	جوز

ويمكن تقدير معامل الإجهاد الرطوبى كما يلى

$$K_s = \frac{TAW - Dr}{TAW - RAW} = \frac{TAW - Dr}{(1-P)\,TAW}$$

حيث TAW : العمق الكلى للماء المتاح فى منطقة الجذور بالمم

Total available soil water in the root zone (mm)

ويمكن إيجاده كما سبق بمعلومية السعة الحقلية ونقطة الذبول وعمق منطقة الجذور كما يلى

$$TAW = = (\theta_{F.C} - \theta_{p.w.p})\,\gamma_b \times D \times 1000$$

حيث

D: عمق منطقة الجذور بالمتر

γ_b: الكثافة النسبية للتربة

$\theta_{F.C}$: المحتوى الرطوبى للتربة على أساس وزنى عند السعة الحقلية كنسبة كسرية

$\theta_{P.W.P}$: المحتوى الرطوبى للتربة على أساس وزنى عند نقطة الذبول كنسبة كسرية

وفى حالة استخدام المحتوى الرطوبى للتربة كنسبة حجمية تصبح المعادلة كالآتى:

$$TAW = 1000\,(\theta_{VFC} - \theta_{VWP})\,D$$

حيث

θ_{VFC}: المحتوى الرطوبى للتربة على أساس حجمى عند السعة الحقلية ($م^3/م^3$).

θ_{VWP}: المحتوى الرطوبى للتربة على أساس حجمى عند نقطة الذبول ($م^3/م^3$).

أما RAW فهى عمق الماء السهل المتاح فى منطقة الجذور بالمم

READILY AVOILABLE SOIL WATER IN THE ROOT ZONE (MM)

ويمكن إيجاده كما سبق بمعلومية عمق الماء المتاح ونسبة الاستنفاد كما يلى

$$RAW = P.\ TAW$$

حيث:

P : نسبة استنفاذ الرطوبة depletion فى منطقة الجذور

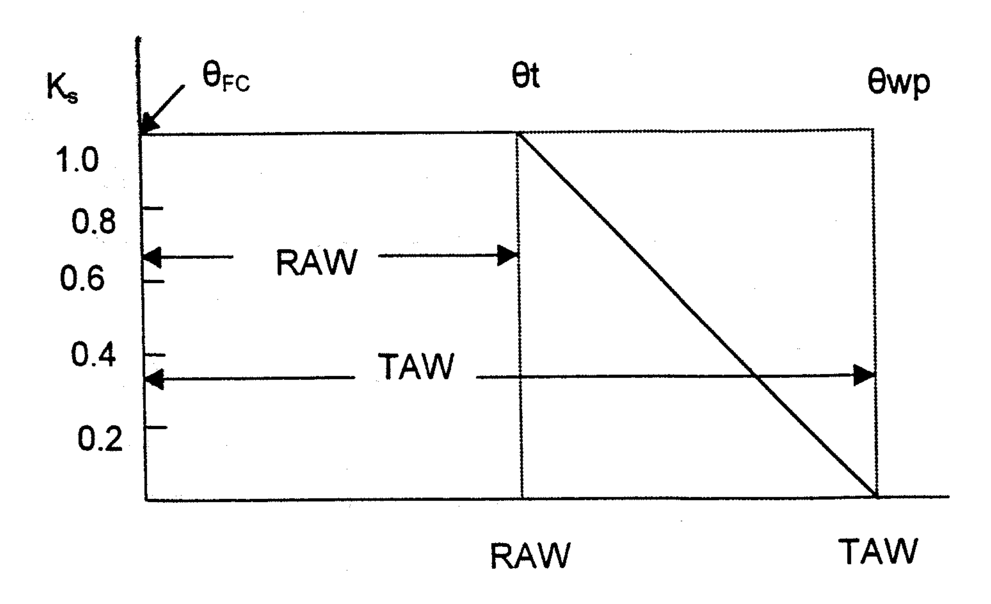
وتعرف نسبة استنفاذ الرطوبة (P) بأنها متوسط نسبة الرطوبة التى يمكن للمحصول استنفاذها من الرطوبة الكلية المتاحة (TAW) فى منطقة الجذور والتى يحدث عندها إجهاد رطوبى للمحصول يتسبب فى تخفيض البخر نتح ET. ويمكن إيجادها للمحاصيل المختلفة من الجدول (٨-٢) مع عمق الجذور D.

وتعتبر عمق الماء السهل المتاح RAW فى منطقة الجذور يماثل عمق ماء الرى الصافى d_n وكذلك يماثل اصطلاح الرطوبة المستنفدية المسموح بها (MAD) Management Allowed Depletion مع العلم بأن قيمة نسبة الرطوبة المستنفد (P) فى المصطلح MAD قد تتأثر بعوامل إدارية أو اقتصادية فتقف عن قيمة المسموح به فى المصطلح RAW ولذلك قد

$$MAD \leq RAW$$

ويطلق على الرطوبة المستنفذة من منطقة الجذور بالمصطلح D_r root zone depletion أى مقدار النقص بالنسبة للسعة الحقلية water shortage relative to field capacity أى مقدار النقص بالنسبة للسعة الحقلية water shortage relative to field capacity وعلى ذلك فإن $D_r = 0$ عند السعة الحقلية وعند تناقص رطوبة التربة عن السعة الحقلية عن طريق استهلاك النبات تتزايد قيمة D_r أى الرطوبة المستنفذة من منطقة الجذور إلى

أن تتساوى قيمة D_r = RAW بعدها يبدأ النبات فى العرض للإجهاد الرطوبى حينما تتزايد قيمة D_r عن قيمة RAW (المحتوى الرطوبى ينخفض عن قيمة البداية θ_t) حيث يقل الاستهلاك المائى للمحصول عن جهد البخر نتح أى يبدأ البخر نتح للمحصول فى الانخفاض متأثرا بالإجهاد الرطوبى ويمكن توضيح ذلك بالشكل التالى (٧ – ١):



شكل(٧-١) تأثير المحتوى الرطوبى للتربة θ على معامل الإجهاد الرطوبى K_s عند أنخفاض رطوبة التربة عن قيمة البداية أو الحد الفاصل θ_t( ) threshold. المصدر: FAO Irrigation and Drainage paper No. 56

تأثير ملوحة التربة Salinity stress على البخر نتح للمحصول

لدراسة تأثير الملوحة على البخر نتح يجب **أولا:** أستعراض تأثير الملوحة على إنتاجية المحصول كما يلى

$$\frac{Y_a}{Y_m} = 1-(EC_e - EC_{e\,threshold})\frac{b}{100}$$

حيث:

Y_a : الإنتاجية الفعلية للمحصول actual crop yield

Y_m : أقصى إنتاجية متوقعة للمحصول فى حالة عدم تأثيرها بالأملاح أى عندما يكون $EC_e < EC_{e\,threshold}$

EC_e : متوسط التوصيل الكهربى لمستخلص محلول التربة المشبعة لمنطقة الجذور بالمللى موز/سم

$EC_{e\,threshold}$: التوصل الكهربى المستخلص التربة المشبعة عند بدء تأثير الملوحة على تخفيض إنتاجية المحصول أى عند إنتاجية Y_m ١٠٠% ونقص مقداره صفر فى إنتاجية المحصول

b: النسبة المئوية للنقص فى المحصول عند زيادة الملوحة لمحلول التربة المشبعة EC_eبمقدار الوحدة ($\% / dsm^{-1}$)

ويمكن إيجاد قيمة $EC_{e\,threshold}$ من الجدول (٧-١) وهي نفسها قيمة EC_e عند إنتاجية ١٠٠% أما قيمة b فيمكن إيجادها كما يلي

$$b=\frac{100}{ECe_{max} - ECe_{threshold}}$$

حيث ECe_{max} : التوصل الكهربى المستخلص التربة المشبعة عند أقصي تأثير للملوحة على تخفيض إنتاجية المحصول الي الصفر أى عند إنتاجية صفر ونقص مقداره ١٠٠% فى إنتاجية المحصول ويمكن أيجادها من الجدول (٧-١).

ثانيا: نستعرض العلاقة بين الإنتاجية والإجهاد الرطوبى Moisture stress كما يلى

$$(1-\frac{Y_a}{Y_m}) = Ky\,(1-\frac{ET_{C\,adj}}{ET_C})$$

حيث

k_y : معامل استجابة المحصول a yield response factor ويمكن إيجاده من جدول (٣ – ١).

Etc_{adj}: البخر نتح الفعلى المصحح للمحصول (مم/ يوم)

ET_C : البخر نتح للمحصول عند الظروف القياسية أى عندما لا يتعرض المحصول لأى إجهاد رطوبى (مم/يوم)

Crop evapotrans piration for standard conditions (no water stress)

وبحل المعادلتين السابقتين معا مع تعويض قيمة K_s معامل الإجهاد الرطوبى كما يلى

$$K_s = \frac{ET_{C\,adj}}{ET_C}$$

$$K_S = 1-\frac{b}{K_y\,100}\,(EC_e - EC_{e\,threshold})$$

والمعادلة السابقة تصف تأثير الملوحة على البخر نتح للمحصول وذلك من خلال إيجاد قيمة معامل الإيجاد الرطوبى K_s وذلك عندما يزيد التوصيل الكهربى لمحلول التربة المشبعة عن قيمة التوصيل الكهربى لمحلول التربة عندما لا يوجد نقص بالمحصول $EC_{e\ threshold}$ وكذلك عندما لا تزيد نسبة استنفاذ الرطوبة فى منطقة الجذور عن نسبة الاستنفاذ المسموح بها والتى لا يتعرض عندها المحصول للإجهاد الرطوبى كما يلى:

$EC_e > EC_{e\ threshold}$ (salinity stress)

$D_r < RAW$ (No water stress)

التأثير المشترك لكل من ملوحة التربة والإجهاد الرطوبى على البخر نتح

تجمع المعادلة التالية تأثير كل من الملوحة salinity stress والإجهاد الرطوبى soil water stress على البخر نتح من خلال تقدير معامل الإجهاد الرطوبى K_s وذلك عندما يحدث الإجهاد نتيجة تعرض المحصول لزيادة كل من الملوحة ونقص الرطوبة معا.

$$Ks = \left(\frac{b}{K_y\,100}\,(EC_e - EC_{e\,threshold})\right)\left(\frac{TAW - Dr}{TAW - RAW}\right)$$

والمعادلة السابقة تستخدم عند وجود تأثير لكل من الملوحة ونقص الرطوبة على البخر نتح للمحصول أى نقص فى إنتاجية المحصول أيضا.

$EC_e > EC_{e\ threshold}$ (salinity stress)

$D_r < RAW$ (moisture stress)

حساب التوصل الكهربى لمحلول التربة المشبع بدلالة ملوحة مياه الرى

عند حالة الاستقرار فى التربة under steady state conditions فإن قيمة التوصيل الكهربى EC_e لمحلول التربة المشبع يمكن استنتاجه بدلالة درجة التوصيل الكهربى لمياه الرى E_{ciw} المستخدمة ونسبة الغسيل leaching fraction أو الاحتياجات الغسيلية (LR) leaching requirement وقد تم استنتاج الاحتياجات الغسيلية من قبل فى حالة الرى السطحى والرى بالرش كما يلى

$$LR = \frac{EC_{iw}}{5\ EC_e - EC_{iw}}$$

ويمكن وضع المعادلة على الصور التالية:

$$\frac{EC_{iw}}{LR} = 5\,EC_e - EC_{iw}$$

$$\frac{EC_{iw}}{LR} = EC_{iw} = 5\,EC_e$$

$$\left(\frac{1}{LR} + 1\right)\frac{EC_{iw}}{5} = EC_e$$

$$ECe = \frac{1 + LR}{LR}\ \frac{EC_{iw}}{5}$$

وعندما تساوى الاحتياجات الغسيلية من ١٥ إلى ٢٠% فإن المعادلة السابقة تصبح

$$EC_e = 1.5\, EC_{iw}$$

أى أنه عند حالة الاستقرار فإن التوصيل الكهربى لمحلول التربة المشبعة EC_e يساوى مرة ونصف التوصيل الكهربى لمياه الرى المستخدمة وهى معادلة نسبة الغسيل المستخدمة من قبل الفاو FAO - 29 فى إيجاد قيم جدول (٧ - ١).

مثال: تأثير ملوحة التربة على البخر نتح للمحصول:

حقل مزروع فول فى أرض لومية سلتية ويروى خلال فترة مرحلة ثبات النمو باستخدام مياه رى ملوحتها $EC_{iw} = 1 dsm^{-1}$ وكانت الاحتياجات الغسيلية أو شبه الغسيل ١٥% وكانت ملوحة المدخل أو الحد الفاصل لمحلول التربة المشبعة $EC_{e\ threshold} = 1dsm^{-1}$ وكانت لنسبة المنوية لنقص المحصول لكل زيادة فى ملوحة الذى $b = 19\% / dsm^{-1}$ وكان معامل استجابة المحصول $K_y = 1.15$.

قارن التأثير على البخر نتح عند نسبة استنفاذ الرطوبة فى منطقة الجذور $p = 0.4$ تحت ظروف وجود الملوحة وعدم وجودها Saline and non Saline و كان العمق الكلي لماء الري المتاح TAW=110 mm و عمق ماء الري السهل المتاح عند نسبة استنفاذ $(p = 0.4)$ هو RAW = 44 mm حيث أن نسبة الغسيل ١٥% والتوصيل الكهربى لماء الرى 1 dsm-1 فإن التوصيل الكهربى لمستخلص التربة المشبعة يكون

$$EC_e = 1.5\, EC_{iw}$$
$$= 1.5\,(1) = 1.5\ dsm^{-1}$$

وبحساب معامل الإجهاد الرطوبى K_s فى وجود الملوحة وعدم وجود نقص فى التربة

$$Ks = \left(1 - \frac{b}{K_y\,100}\left(EC_e - EC_{e_{threshold}}\right)\right)$$
$$= \left(1 - \frac{19}{1.15(100)}(1.5 - 1.0)\right) = 0.92$$

وبالتالى فإن النقص فى البخر نتح يكون مقداره ٨% نتيجة **زيادة الملوحة** عند الحد الفاصل الذى يبدأ عنده النقص فى إنتاجية المحصول عن ١٠٠%. وحيث أن نسبة الاستنفاذ هى ٤٠% وهى المنصوص عليها بالجدول والتى **لا** تحدث أى نقص فى المحصول أى لا يوجد عندها إجهاد رطوبى للمحصول.

فى حالة وجود نقص فى رطوبة التربة أى تكون نسبة الاستنفاذ أكبر من ٤٠% كأن تكون ٥٥% مثلا فإن عمق ماء الرى المستنفذ من منطقة الجذور D_r

$$D_r = pTAW$$
$$= 0.55 \times 110 = 60\ mm$$

وبذلك يكون معامل الإجهاد الرطوبى K_s فى حالة عدم وجود ملوحة فى التربة ووجود نقص فى الرطوبة فقط هو:

$$K_s = \frac{TAW - D_r}{TAW - RAW} = \frac{110 - 60}{110 - 44} = 0.76$$

وبالتالى فإن النقص فى البخر نتح يكون مقداره ٢٤% نتيجة النقص فى رطوبة التربة فقط وعدم وجود ملوحة فى التربة. ولتعيين **التأثير** المشترك لكل من ملوحة التربة ونقص الرطوبة على البخر نتح للمحصول نقوم بضرب

معامل الإجهاد الرطوبى Ks الناتج عن ملوحة التربة فقط بمعامل الإجهاد الرطوبى فى حالة نقص الرطوبة وعدم وجود ملوحة كالآتى:

$$Ks = 0.92 \times 0.76 = 0.7$$

وبالتالى فإن النقص فى البخر نتح يكون مقداره ٣٠% نتيجة التأثير المشترك لوجود ملوحة فى التربة ونقص فى رطوبة التربة أيضا. وبذلك يكون التأثير الإضافى فى نقص البخر نتح نتيجة الملوحة هو:

٣٠% - ٢٤% = ٦%.

رى المحاصيل بالمياه المالحة Water salinity and crop irrigation

تختلف النباتات اختلاف كبير فى تحملها Tolerance للرى بالمياه المالحة Saline water فرى المحاصيل بمياه تزيد ملوحتها عن درجة تحمل هذه النباتات يتسبب فى حدوث نقص فى الإنتاج وربما تقل جودة المحصول نفسه.

فمياه الرى المالحة تؤثر على نمو النبات بطريقتين الأولى التأثير الأسموزى والثانية تأثير أيون معين.

أولا: التأثير الأسموزى Osmotic effect

الرى بمياه مالحة يقلل من قدرة جذور النباتات على امتصاص المياه. ففى خلال الفترة بين الريات تقل رطوبة التربة وبالتالى يزيد تركيز الأملاح فى المحلول الأرضى Soil solution ليصل إلى حوالى ٢ إلى ٥ مرات من قيمة تركيز الأملاح الابتدائية لمياه الرى ويمكن صياغة ذلك فى المعادلة التالية وذلك بأخذ متوسط القيمة وهى تقريبا تساوى ٣.

وحيث أن تركيز الأملاح فى عجينة التربة المشبعة يؤخذ عادة نصف تركيز الأملاح فى محلول التربة حيث أن الرطوبة عند التشبع تساوى تقريبا ضعف الرطوبة عند السعة الحقلية فإن

$$EC_e = \frac{EC_d}{2}$$

وبحل المعادلتين السابقتين يمكن الحصول على المعادلة الآتية:

$$EC_e = \frac{3}{2} EC_w$$

والمعادلة السابقة فى منتهى الأهمية فهى تفيد بأن تركيز الأملاح فى عجينة التربة المشبعة يساوى ١,٥ تركيز الأملاح فى مياه الرى.

وعلى ذلك فقد تم وضع جدول (٧- ١) وهذا الجدول فى منتهى الأهمية حيث يعطى درجة تحمل المحاصيل المختلفة للملوحة سواء فى التربة EC_e أو مياه الرى EC_w وذلك عند مستويات مختلفة من إنتاجية المحصول فيعطى القيم عند إنتاجية ١٠٠% (أى عدم وجود أى نقص فى المحصول) وعند إنتاجية ٩٠% (أى نقص ١٠% من قيمة المحصول) وعند ٧٥% إنتاجية (أى نقص ٢٥% من قيمة المحصول) وعند ٥٠% إنتاجية (أى نقص ٥٠% من قيمة المحصول) ثم يعطى ملوحة التربة عند صفر محصول (أى نقص ١٠٠% من قيمة المحصول) Max. EC_e. ومثال على ذلك الشعير إذا تم زراعتة فى أرض ملوحتها ٨ ملليموز/سم (8 d S/m) فإنه لا يوجد نقص فى الإنتاج أما عند زراعته فى أرض ملوحتها ١٠ ملليموز/سم فإننا نتوقع نقص فى الإنتاج مقداره ٥٠% أما عند زراعته فى أرض ملوحتها ٢٨ ملليموز/سم فإننا لا نتوقع إنتاج على الإطلاق. أما إذا استخدمت مياه رى ملوحتها ٥,٣ ملليموز/سم لرى الشعير فإن الإنتاج لا يتأثر على الإطلاق إما

إذا تم زراعة الشعير باستخدام مياه رى ملوحتها ٦,٧ فإننا نتوقع نقص فى الإنتاج مقداره ١٠% وكذلك إذا كانت ملوحة مياه الرى ١٢ ملليموز/سم فإن النقص فى الإنتاج يكون ٥٠%.

وبالرجوع ثانية إلى التأثير الأسموزى للرى بالمياه المالحة فإنه كما ذكرنا فإن الرى بالمياه المالحة يقلل قدرة جذور النباتات على امتصاص المياه من محلول التربة. أما أثناء الفترة بين الريات فتقل رطوبة التربة وبالتالى يزداد تركيز الأملاح فى محلول التربة مما ينتج عنه زيادة الضغط الأسموزى osmotic pressure لمحلول التربة والذى يجعل من الصعب على جذور النباتات استخلاص المياه من التربة. النقص فى نمو المحصول عند الرى بالمياه المالحة غالبا يحدث نتيجة زيادة الضغط الأسموزى الناتج عن زيادة التركيز الكلى للأملاح الذائبة وليس نتيجة زيادة تركيز أيون معين. عادة ما يقل إنتاج المحصول قبل أن تظهر أعراض أضرار الملوحة على المحصول.

علامات أضرار الملوحة: Sign of salinity Damage

من أولى علامات تأثير الملوحة على النبات تقزم النمو وتلون الأوراق باللون الأخضر المائل إلى الزرقة. وبزيادة مستوى الأملاح فى التربة إلى مستوى السمية تبدأ أطراف الأوراق القديمة وحوافها فى الاحتراق ثم الجفاف والسقوط وفى النهاية بموت النبات. فى حالات أخرى تبدأ الأوراق الحديثة فى الاصفرار أو يظهر على النبات علامات الذبول بالرغم من وجود الرطوبة الكافية فى التربة.

ثانيا: التأثير الأيونى: Specific ion effect

التركيزات الزائدة من أيونات الكلوريد chloride والصوديوم فى مياه الرى تسبب فى تسمم النباتات toxicities in plants. وهذه الأيونات يمكن أن تمتص إما عن طريق الجذور أو التلامس المباشر على الأوراق. فإذا كانت ملوحة مياه الرى قريبة من التركيز الحرج critical concentration فعند ذلك يجب اختبار تركيز كل من الكلوريد والصوديوم.

امتصاص الجذور: Root uptake

يمكن لجذور النباتات أن تمتص أيون الكلوريد ليتراكم بعد ذلك فى الأوراق. وبزيادة تراكم أيون الكلوريد فى الأوراق يتسبب فى احتراق أطراف الأوراق أو حوافها مع التبكير فى اصفرار الأوراق Premature yellowing. وبصفة عامة فإن أصناف النباتات الخشبية woody plant species مثل الفاكهة ذات النواة الحجرية والموالح والأفوكادو تكون حساسة للكلوريد. بينما معظم الخضراوات والأعلاف ومحاصيل الألياف تكون أقل حساسية.

يختلف تحمل المحاصيل للكلوريد والصوديوم حسب الأصناف varieties والأصول rootstocks. ويجب عمل تحليل كيميائى للتربة أو الأوراق لتقدير السمية المحتملة للكلوريد. ويمكن للصوديوم أيضا فى مياه الرى أن يحدث ضرر مباشر للنباتات بواسطة امتصاص الجذور له. وأعراض السمية غالبا تكون احتراق الأوراق وموت أنسجة حواف الأوراق بعكس أعراض سمية الكلوريد والتى عادة تحدث عند أطراف الأوراق leaf tip. ارتفاع تركيز الصوديوم فى مياه الرى يحدث نقص فى الكالسيوم

والبوتاسيوم فى التربة الفقيرة من هذه العناصر. هذه المحاصيل تستجيب للتسميد بهذه العناصر. التأثير المباشر لسمية تركيز الصوديوم فى مياه الرى على مختلف النباتات موضح بالجدول (٧-٤).

الإدمصاص الورقى المباشر Direct Foliar Adsorption

بعض المحاصيل الغير حساسة لامتصاص أيون الكلوريد والصوديم عن طريق الجذور يمكن أن يظهر عليها أعراض احتراق الأوراق Leaf burn عند استخدام المياه المالحة فى الرى بالرش. ويحدث هذا النوع من ضرر الأملاح بقتل الأوراق التى تستقبل المياه المالحة بواسطة الرش. ويشتد هذا الضرر عندما يتم الرى بالرش خلال الجو الحار الجاف حيث أن زيادة البخر تتسبب فى زيادة تركيز الأملاح على سطح الأوراق. وجدول (٧-٣) يوضح تركيزات كل من الكلوريد والصوديوم فى مياه الرى والتى تسبب ضرر للأوراق foliar damage لبعض المحاصيل.

قياس الملوحة: Measuring salinity

تتكون الأملاح فى مياه الرى أساسا من الأنواع الشائعة من الأملاح وهى كلوريد الصوديوم، بيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم، كلوريدات وكبريتات. ويعبر عن الملوحة الكلية بكمية الأملاح الكلية الذائبة والتى تقاس بالتوصيل الكهربى للمياه بوحدات المليموز/سم فى ٦٤٠ نحصل على تركيز الأملاح بالمللى جرام فى اللتر (mg/l) والذى يساوى جرام للمتر المكعب g/m3 والذى يساوى بدوره جزء فى المليون (ppm). ووزن الأملاح بالمليجرام فى اللتر يمكن أن يقاس مباشرة بتبخير المياه ووزن الأملاح المتبقية ولكن هذه الطريقة تحتاج إلى وقت كبير.

جدول ٧-٢: تحمل بعض أصناف محاصيل الفاكهة لإمتصاص الكلوريد عن طريق الجذور

المحصول الصنف/الأصل	تركيز الكلوريد مللى جرام/لتر
الموالح ((أصول)	
Poncirus tripoliata	١٢٠
أصل ليمون rough lemon	٢٠٠
برتقال حلو Troyer citrange, sweet orange	٣٠٠
Rangpur lime, Cleopatra mandarin	٦٠٠
الفاكهة ذات النواة الحجرة	
برقوق (أصل)	٦٠٠
- ماريانا Marianna	٦٠٠
- Myrobolan	٣٧٠
برقوق ، خوخ ، مشمش ، لوز (زراعة بذرية saeedling)	٢٣٥
عنب	
أصل Ramsey, 1613 –3	٩٥٠
أصل Dog Ridge	٧٠٠
Sultana	٦٠٠
Cardinal	٢٣٥
التوت raspberry	١٢٠
الفراولة strawberry	١٢٠ - ١٩٠

المصدر: Maas, E.V. (1984). Salt tolerance in plants. In: The handbook of plant science in Agriculture. B.R. Christie (ed.) CRC Press. Boca Raton, Florida.

جدول ٧-٣ تركيزات الصوديوم والكلوريد فى مياه الرى والتى تسبب ضرر للأوراق عند استخدام الرى بالرش

درجة الحساسية	تركيز الكلوريد مللى جرام/لتر	تركيز الصوديوم مللى جرام/لتر	المحاصيل المتأثرة
حساسة	أقل من ١٧٨	أقل من ١١٤	الموالح ، المشمش، البرقوق ، اللوز ،
متوسطة الحساسية	١٧٨ – ٣٥٥	١١٤ –٢٢٩	عنب ، فلفل ، بطاطس ، طماطم
متوسطة المقاومة	٣٥٥ – ٧١٠	٢٢٩ – ٤٥٨	برسيم حجازى ، شعير ، ذرة ، خيار
مقاومة	أكبر من ٧١٠	أكبر من ٤ ٤٥٨	قرنبيط ' قطن ، الدخن ، بنجر السكر سمسم ، ذرة عويجة ، عباد الشمس

المصدر: Mass, 1984

جدول (٧-٤): مقاومة المحاصيل للصوديوم

درجة المقاومة	نسبة إمصاص الصوديوم SAR فى مياه الرى	المحاصيل
حساس جدا	٢ – ٨	الفاكهة المتساقطة الأوراق ، الموالح ، الأفوكادو
حساس	٨ – ١٨	الفول
متوسط	١٨ – ٤٦	البرسيم ، الذرة
مقاوم	٤٦ – ١٠٢	القمح ، الشعير ، الطماطم ، البنجر beets ، النجيل Fairway grass

المصدر : Hart, B. T. (1974) . Acompilation of Australian water quality criteria. (Paper No. 7)

العوامل التى تؤثر على أضرار الملوحة للبنات

Factor affecting the extant of plant damage

يتوقف مدى تأثير استخدام مياه رى ذات ملوحة معينة على الفاقد فى المحصول على عدد من العوامل منها:

نوع التربة والصرف: Soil type and drainage

فالمياه المالحة يمكن استخدامها بنجاح لرى الأراضى الرملية جيدة الصرف عن استخدامها فى رى الأراضى الثقيلة سيئة الصرف. فمفتاح النجاح للرى باستخدام المياه المالحة هو أن تجعل دائما اتجاه حركة المياه إلى أسفل أو غسيل الأملاح من منطقة الجذور. ففى الأراضى الرملية جيدة الصرف فإن مياه الرى تستطيع بسهولة أن تغسل الأملاح من منطقة الجذور. وتعتمد الاحتياجات للحفاظ على مستوى مقبول من النمو على:

١- ملوحة مياه الرى.
٢- تحمل المحصول للملوحة.
٣- حالات الجو.
٤- نوع التربة.
٥- إدارة المياه.

فكمية المياه الزائدة عن الاستهلاك المائى للمحصول والمطلوبة لغسيل الأملاح من منطقة الجذور تسمى الاحتياجات الغسيلية أو نسبه الغسيل Leaching fraction.

الفترة بين الريات ووقت الرى

Frequency and timing of irrigation (time of day)

يتغير تركيز الأملاح فى منطقة الجذور عقب الرى. فعندما تبدأ التربة فى الجفاف يتزايد تركيز الأملاح فى محلول التربة وبالتالى تقليل الرطوبة المتاحة للنبات. فعندما يتم الرى خلال حرارة الجو المرتفعة والرياح الشديدة فإن ذلك يزيد البخر والذى بدوره يزيد تركيز الأملاح فى التربة. ولغسيل الأملاح من منطقة الجذور يجب استخدام الريات الثقيلة وتجنب الرياح الخفيفة المتكررة Frequency light irrigation

مرحلة نمو المحصول: Stage of growth

النباتات عموما تكون معرضة لخطر الملوحة خلال مرحلة الإنبات وتكشف البادرات عنها عند اكتمال نمو النباتات. ويرجع هذا لسببين أولهما زيادة حساسية النباتات للأملاح خلال هذه المرحلة وثانيهما ارتفاع تركيز الملوحة فى الطبقة السطحية والتى يتواجد فيها جذور البادرات السطحية جدا فى هذه المرحلة حيث أن تركيز الأملاح يزيد على سطح التربة نتيجة تعرضها للبخر.

الأصناف والأصول: Rootstocks and varieties

تعتبر الاختلافات فى الأصل والصنف من أهم العوامل المؤثرة على تحمل الأشجار للملوحة. فأصناف وأصول كل من الموالح والعنب والفاكهة ذات النواة الحجرية تختلف فى قدرتها على امتصاص ونقل الصوديوم والكلوريد ولهذا فهى تختلف فى تحملها للأملاح. كما يوضح جدول (٧-٢) تحمل الأشجار المختلفة لمستويات الكلوريد فى مياه الرى.

طريقة الرى Method of irrigation

توزع الأملاح فى قطاع التربة يختلف باختلاف طريقة الرى حيث تؤثر طريقة الرى فى توزيع المياه بالتربة.

فالرى بالتنقيط يحتفظ برطوبة مرتفعة فى منطقة الجذور عن طريق الرى على فترات متقاربة وبالتالى الغسيل المتواصل للأملاح خارج منطقة الجذور وحول منطقة الابتلال أما فى الرى بالخطوط فإن الأملاح تتراكم على ظهر الخط نتيجة للبخر فالمياه تتحرك بالخاصية الشعرية من بطن الخط إلى قمته حيث تتبخر المياه تاركة الأملاح على ظهر الخط لذلك عند الرى بمياه مالحة لا يفضل استخدام الرى بالخطوط وفى حالة استخدامه يجب تجنب الزراعة على ظهر الخط.

أما فى حالة الرى بالرش فإن النباتات تتعرض لضرر إضافى بامتصاص الأملاح عن طريق الأوراق واحتراق الأوراق من تلامس الرذاذ مع سطح الأوراق.

ولهذا من الضرورى عند استخدام المياه المالحة فى الرى بالرش بأن يتم الرى فى وقت انخفاض البخر مثل الرى إما فى الصباح الباكر أو فى المساء أو الرى ليلا أما الرى وقت الظهيرة حيث استداد الحرارة وبالتالى زيادة البخر الذى يؤدى إلى تركيز الأملاح. وكذلك الرى وقت اشتداد هبوب الرياح التى تتسبب أيضا فى زيادة البخر وبالتالى زيادة تركيز الأملاح. أما من ناحية تصميم شبكة الرى الملائمة لاستخدام مياه رى مالحة فيجب اختيار الرشاشات التى لا تعطى قطرات رش دقيقة Fine droplets . ويجب تجنب اختيار الرشاشات البطيئة الدوران والتى تسمح بفترة جفاف أثناء الدوران البطىء فإذا كان الرشاش يكمل اللفة مثلا فى ٢ دقيقة فمعنى ذلك أن فترة الجفاف تكون ٢ دقيقة يمكن لرذاذ الرشاش الساقطة على سطح الأوراق

أن يتبخر وبالتالى يسمح زيادة تركيز الأمـلاح على سطح الأوراق مما يؤدى إلـى امتصاصـها بتركيز كبير. وهناك علاقـة تربط بين ضغط تشغيل الرشاش وقطر الفونية وحجم قطـرات الرش فبزيادة الضغط يقل حجم القطرات وزيادة قطر فونية الرشاش يزيد حجم قطرات الرش وهذه العلاقة هى:

$$C.I = \frac{P^{1.3}}{B}$$

حيث C.I معامل الخشونة للقطرات Coarseness Index

قطرات خشنة C.I ≤ 7 the spray is coarse

قطرات دقيقة C.I ≥ 17 the spray is fine

P : ضغط التشغيل بالباوندر البوصة[٢] psi

B : قطر فتحة الرشاش (الفوتيه) بجزء ٦٤ من البوصة (64^{th} of inch)

حيث أن معـامل خشـونة قطـرات الـرى تعتمد علـى ضـغط التشـغيل للرشـاش بالإضـافة إلـى قطر فونية الرشاش فإذا كان معامل الخشونة أقل من ٧ تكـون القطـرات خشـنة أو كبيرة وهذا هـو المفضـل فـى حالـة استخدام المياه المالحـة فـى الرش أما إذا كان معامل الخشونة أكبر من ١٧ فإنه فى هذه الحالة تكـون قطـرات الـرش دقيقة وهـى لا تكـون مفضـلة فـى حالـة اسـتخدام الميـاه المالحة. أما إذا كـان معـامل الخشونة بين ٧ إلـى ١٧ تكون القطرات متوسطة وقد يستخدم ولكن للمياه متوسطة الملوحة.

المناخ Climate

الجـو الحـار الجـاف يـزيد مـن البخر وبالـتالى يقوم بتركـيز الأمـلاح. وتحت هذه الظـروف تتعرض المحاصـيل لأضـرار الملوحة. أما فى المناطق

التى تسقط بها كميات غزيرة من الأمطار فتقوم بغسيل الأملاح المتراكمة فى منطقة الجذور وبالتالى تقلل من تأثير الملوحة.

دليل تحمل المحاصيل لمستويات ملوحة الرى:

Guide lines for critical salinity levels in irrigation water

يوضـح جدول (٧-١) تحمل المحاصيل المختلفة للمياه المالحة. وهذه الأرقام هى أرقام إسترشـادية فقط حيث تعتمد علـى العوامل السـابق شـرحها. فجدول (٧-١) يعطـى أرقام الملوحة التى يبدأ فيها المحصول فى الانخفاض أى عند انخفـاض صـفر فـى المحصـول وتسـمى هـذه القـيمة Threshold salinity وأيضـا يعطـى جـدول (٧-١) القـيم للملوحـة عـند انخفـاض فـى المحصـول ١٠% وأيضـا ٢٥% ويلاحـظ أن قـيم تحمـل الملوحـة للمحاصـيل المختلفة فى جدول ١ هى لتربة لومية Loamy soil جيدة الصرف مع إضافة احتـياجات غسـيلية مقدارهـا ١٥% مـع مـياه الـرى المضـافة لغسـيل مـنطقة الجذور. وهذه الأرقام أيضـا للرى السطحى والرى بالرش وهـى طـرق الرى التـى تسمح بفترة جفاف أثناء الفترة بين الريات. وهذا فعند زراعة محاصيل تحـت نظـم رى ذات فـترات قصـيرة بيـن الـريات فإنـه يـتوقع أن تـتحمل هـذه المحاصـيل نسبة ملوحـة أكبر من القيم المعطـاه بـالجدول كالرى بالتنقيط مـثلا الذى يتم فيه الرى يوميا تقريبا. حيث أن الـرى بالتنقيط يحتفظ برطوبة التربة قريبـة مـن السعة الحقلية نظرا للـرى اليومى ممـا يخفض تركيز الأمـلاح فـى مـنطقة الجذور بالإضـافة إلـى قلـة الفاقد من المياه بالبخر الذى يتسبب فى زيادة الملوحة.

دورة الأملاح فى حالة استخدام مياه أرضية سطحية:

Recycling of salts in shallow aquifers

فى حالة استخدام مياه أرضية سطحية فى الرى فإن البخر من سطح التربة يتسبب فى زيادة تركيز الأملاح والتى يتم غسيلها مع الرى لتذهب مرة أخرى إلى المياه الأرضية السطحية (الغير عميقة) لتزيد تركيز الأملاح بها بالإضافة إلى أملاح الأسمدة المضافة للتربة وحيث أن هذه المياه الأرضية تستخدم فى الرى عن طريق ضخها مرة أخرى وبتكرار هذه الدورة مع الزمن تزداد ملوحة كل من المياه والتربة إلى الدرجة التى لا تتحملها المحاصيل. ولهذا لحل هذه المشكلة يجب أولا ترشيد استخدام المياه بتقليل الفاقد بالتسرب العميق والأهم من ذلك هو تقليل الفاقد بالبخر حتى لا يتسبب ذلك فى تركيز الأملاح على سطح التربة وذلك باستخدام طريقة الرى بالتنقيط والتى تقلل من البخر من سطح التربة. وفى حالة توافر أكثر من مصدر للمياه فيجب فى هذه الحالة عمل خلط بين المياه الجيدة النوعية والمياه المالحة لتخفيض الملوحة حسب المعادلة التالية:

$$c_{1+2}(q_1+q_2)=c_1\cdot q_1+c_2\cdot q_2$$

حيث: q_1: تصرف المياه من المصدر رقم ١ ذات تركيز أملاح c_1

q_2: تصرف المياه من المصدر رقم ٢ ذات تركيز أملاح c_2

q_1+q_2 : مجموع تصرف المياه المخلوطة من المصدرين

c_1+_2 : تركيز أملاح المياه المخلوطة

ملاحظات على الرى لبعض المحاصيل الزراعية

الفول البلدى:

انسب ميعاد للزراعة هو الأسبوع الأخير من شهر اكتوبر وحتى منتصف شهر نوفمبر وتبدأ عملية الحصاد الحصاد عند بدء جفاف القرون السفلية.

يؤدى تعطيش النباتا أثناء مرحلتى التزهير والعقد إلى انخفاض المحصول كما أن الإفراط فى الرى يؤدى إلى زيادة نسبة تساقط الأزهار والإصابة بأمراض الذبول وعفن الجذور ويجب الإمتناع عن الرى فى حالة هبوب الرياح

الكانولا:

تعتبر الكافولا من محاصيل الزيوت الشتوية التى تهتم بها الدولة اهتماما بالغا بنشر زراعتها فى الأراضى الجديدة وذلك لتوافر الظروف المناسبة لنجاح زراعته فى هذه الأراضى وكذا لإسهام زراعته فى سد الاحتياجات المحلية المتزايدة من الزيوت. وميعاد الزراعة من منتصف أكتوبر إلى منصف نوفمبر والتأخير عن ذلك يسبب نقص المحصول.

الفول السودانى:

يعتبر الفول السودانى من محاصيل الحقل الرئيسية فى الأراضى الرملية والصفراء الخفيفة ولا يصلح فى الأراضى الجيرية. كما تسهم زراعة هذا المحصول القولى فى تحسين خواص الأراضى الرملية الخفيفة. تعتبر الفترة من منتصف أبريل إلى منتصف مايو هى أنسب موعد لزراعة الفول

السودانى . ومن أجل الحصول على نوعية جيدة من الثمار ولتقليل الإصابة بالأمراض ينصح بعدم تكرار زراعة الفول السودانى بنفس الأرض إلا على الأقل مرة كل سنتين.

ويجب الحد من الرى أثناء نضج الثمار حيث أن القرون تكون مدفونة بالتربة وتصاب العفن نتيجة زيادة الرطوبة بالأرض ويوقف الرى عند اكتمال النضج وقبل الحصاد ومن علامات النضج اصفرار الأوراق ، سهولة تفتح القرون عند الضغط عليها بالإصبع، تلون العقدة الداخلية باللون البنى الفاتح ويكون ذلك بعد حوالى ١٥٠ يوم من الزراعة.

البسلة:

تتبع البسلة العائلة البقولية وأنسب ميعاد للزراعة هو شهر أكتوبر ولكن يمكن زراعتها من أول سبتمبر حتى آخر ديسمبر حسب الصنف والغرض من الإنتاج (أخضر أو جاف). فى المحصول الأخضر يتم جمع القرون الخضراء بمجرد امتلائها أما المحصول الجاف فتترك النباتات حتى تصفر أوراقها وتبدأ القرون السفلية فى الجفاف.

الفاصوليا:

تعتبر الفاصوليا من محاصيل الخضر البقولية الهامة ويستهلك من المحصول القرون الخضراء أو البذور الجافة. وتزرع العروة الصيفية من أوائل فبراير وحتى الأسبوع الأول من مارس وذلك تبعا لمنطقة الزراعة

وتعتبر من أنسب العروات لإنتاج البذور الجافة. وفى العروة الخريفية أو النيلية تزرع خلال الأسبوع الأخير من أغسطس وحتى الأسبوع الأول من سبتمبر . والفترة الحرجة للرى هى أثناء التزهير حيث يؤدى نقل الرطوبة على نقص شديد فى المحصول وتشقق القرون. ويتم الاستمرار فى الرى لحين اصفرار حوالى ٧٥% من الأوراق وبعد ذلك يمنع الرى. ففى محصول القرون الخضراء يبدأ الجمع بعد ٦٠ – ٧٠ يوم من الزراعة حيث تجمع القرون قبل تكون البذور بداخلها . أما محصول البذور الجافة يتم الحصاد بعد جفاف أغلب القرون وقبل أنشطارها.

اللوبيا:

من محاصيل الخضر البقولية والتى تتحمل ملوحة التربة وتزرع فى عروتين صيفية وتزرع فى مارس وأبريل وأخرى خريفية وتزرع فى يوليو إلى منتصف أغسطس. والفترة الحرجة للرى هى أثناء التزهير ونمو القورن. وتحصد القرون الجافة للوبيا بعد نمو ٤-٥ أشهر من الزراعة.

محاصيل العائلة القرعية (البطيخ – الكانتلوب – الخيار – الكوسة)

يعتبر البطيخ من أهم محاصيل الخضر الصيفية ونبات البطيخ نبات عشبى حولى تنتشر معظم جذوره الجانبية فى الخمسة والأربعين سنتيمتر العلوية من سطح التربة. ويبدأ الإزهار بعد نمو ٤٠ – ٥٠ يوما وتبدأ الثمار فى النضج بعد حوالى ٩٠ – ١٢٠ يوما من زراعة البذرة وذلك حسب الأصناف. ومواعيد الزراعة فى خلال النصف الأول من مارس وحتى النصف الأول من أبريل . ويتم فطام البطيخ قبل الحصاد بحوالى أسبوعين إلى شهر تقريبا أو عندما يغطى العرش المصاطب تماما.

الكنتالوب

الكنتالوب من محاصيل الخضر الصيفية وهو محصول عشبى حولى يحتاج إلى موسم نمو مشمس دافئ طويل نسبيا . وجذوره الجانبية ليفية كثيفة تنمو معظمها قريبا من سطح الأرض وتمتد شبكة الجذور الثانوية أفقيا فى كل الإتجاهات لمسافة أكبر من تلك التى تصلها النموات الخضرية.

وميعاد الزراعة فى الزراعات المحمية من ١٥ ديسمبر إلى ١٥ يانير أما الزراعات المكشوفة ففى ١٥ فبراير – ١٥ مارس. ويتم إعداد الأرض للزراعة فى حالة إستخدام الرى بالتنقيط بإقامة مصاطب بعرض ١,٥ متر وبعمق ٣٠ – ٤٠ سم ويوضع المخلوط السمادى فى قاع الخطوط ويتم خلطه بالتربة باستخدام عزاقة دورانية ثم يتم فرد خراطيم التنقيط ويتم الزراعة بعد ذلك فى جور على أبعاد ٥٠ سم بين الجورة والأخرى. وتحتاج الثمار نحو ٤٥ يوما من العقد حتى النضج حسب الصنف.

الخيار

نبات الخيار نبات عشبى حولى يتميز بنمو جذرى كثيف فى العشرين سنتيمتر العلوية من التربة . ومواعيد الزراعة فى العروة الصيفية فى نهر فبراير ومارس اما فى العروة النيلى فتزرع البذور فى نهر أغسطس وسبتمبر فى حين تزرع فى شهر أكتوبر ونوفمبر فى العروة الشتوى. وفترة الرى الحرجة أثناء فترة التزهير حيث يراعى توافر الرطوبة الأرضية . ويبدأ جمع الثمار بعد حوالى ٤٥ يوم من الزراعة وقد يتأخر الجمع عن ذلك أثناء الجو البارد.

الكوسة

يتشابه نمو المجموع الجذرى لنبات الكوسة مع النمو الجذرى لباقى محاصيل القرعيات لحد ما حيث تنتشر جذوره الثانوية فى الثلاثين سنتمتر السطحية من التربة. ومواعيد الزراعة فى العروة الصيفى من النصف الثانى من فبراير وحتى النصف الأول من شهر إبريل. أما العروة النيلى من يوليو وحتى شهر سبتمبر. ويبدأ جمع الثمار بعد نمو ٤٠ يوم من الزراعة صيفا وبعد حوالى ٥٠ يوم فى الشتاء.

الطماطم

الطريقة الشائعة لزراعة الطماطم هى عمل مصاطب بعرض واحد متر وتوزع الشتلات على مسافات ٣٠ – ٤٠ سم حسب الصنف وتزرع الطماطم فى مصر على مدار السنة فالعروة الشتوى تزرع البذور فيها فى سبتمبر وأكتوبر أما موعد نقل الشتلات فهو أكتوبر ونوفمبر – العروة الصيف موعد زراعة البذرة فبراير ومارس أما مولد نقل الشتلال فهو خلال ابريل والعروة الخريفية موعد زراعة البذرة فيها يونية ويوليو أما موعد نقل الشتلات فهو يوليو ،أغسطس.

البطاطس

تعتبر البطاطس من أهم محاصيل الخضر الدرنية وتحتاج البطاطس فى الأطوار الأول من حياته إل جو دافئ (٢٠ – ٢٥) درجة مئوية ونهار طويل وذلك لتكوين مجموع خضرى وجذرى مناسبين ثم يتلوها جو

يميل إلى البرودة (١٥ – ١٨) درجة مئوية ونهار قصير اثناء فترة تكوين الدرنات . ومواعيد الزراعة للعروة الشتوى من منتصف شهر اكتوبر حتى أواخر نوفمبر أما العروة الصيفى فتزرع خلال شهرى ديسمبر ويناير أما العروة النيل فتزرع خلال شهرى سبتمبر وأكتوبر ويمكن التبكير فى زراعتها خلال شهر أغسطس. وفترة الرى الحرجة هى الفترة من ٦ إلى ٨ أسابيع من الزراعة أى فترة تكوين الدرنات. وتستمر لمدة أسبوعين كيبدأ بعد ذلك طور كبر الدرنات الذى يتمر حوالى ٦ – ٨ أسابيع. أما طور النمو الذى يبدأ من زراعة التقاوى فتعتمد فيه النبات على الغذاء المخزن فى قطعةالتقاوى.

القمح

يعتبر القمح من المحاصيل النجيلية الشتوية الرئيسية وهو من أهم محاصيل الحبوب ويزرع خلال شهر نوفمبر وأنسب ميعاد لزراعته فى منطقة جنوب التحرير والنوبارية هو النصف الثانى من شهر نوفمبر. وتعتبر فترة الرى الحرجة هى مرحلة التفريع وطرد السنابل وتكوين الحبوب ولذلك يراعى عدم التعطيش. ويوقف الرى نهائيا عند اصفرار السلامية الأخيرة التى تحمل السنبلة فى حوالى ٥٠% من النباتات فى الحقل ، أى عند تمام النضج الفسيولوجى وقبل الحصاد بحوالى أسبوعين . حيث يبدء حصاد القمح فى أوائل شهر مايو.

الذرة الشامية:

أنسب فترات الزراعة تكون خلال شهر مايو فى حالة الزراعة بعد فول أو برسيم أو خضر ويمكن أن تستمر حتى منتصف يونيو على الأكثر فى

حالة الزراعة بعد القمح. والذرة من المحاصيل الحساسة للمياه ويراعى عدم تعطيش النباتات خلال فترة الرى الحرجة وهى أثناء فترة التزهير والعقد ورص الكيزان. ويتم الحصاد بعد ١١٠ – ١٢٠ يوم من الزراعة ويعتبر اصفرار وجفاف أغلفة الكيزان وجفاف الحبوب وتصلبها من أهم علامات النضج. ويوقف الرى قبل الحصاد وبحوالى أسبوعين

البرسيم المصرى

يتميز البرسيم المصرى بجذوره الوتدية التى تنشأ عليه كثيرا من الجذور الجانبية فى مستويات عديدة . وينتشر معظم المجموع الجذرى للبرسيم المصرى فى الطبقة السطحية من الأرض بعمق حوالى ٦٠ سم. يتأثر نمو البرسيم كثيرا بالتعرض للإجهاد المائى ويؤدى نقص الرطوبة فى الأرض أثناء فترات الإنبات إلى نقص عدد النباتات فى وحدة المساحة الأمر الذى يؤدى إلى نقص كمية المحصول كما يؤدى نقص الماء أثناء التفرع القاعدى ويكون ذلك بعد الحش إلى نقص كمية المحصول لنقص عدد الأفرع وضعف قوة النمو الخضرى للنباتات.

البقوليات

تتميز جميع البقوليات بالجذور الوتدى الذى يتعمق فى الأرض لأعماق تختلف بين البقوليات وبعضها ويتعمق جذر الترمس بالأرض أكثر من البقوليات الأخرى كما يتميز جذر الخلية بتعمقه نوعا.

وأهم أطوار حياة البقوليات حساسية للماء هى طور نمو البادرات وطور الأزهار وطور تكوين القرون . ويمنع الرى عند شدة الرياح فى فترة الإزهار حتى لا نسقط أزهار كثيرة.

المقننات المائية للمحاصيل

أولا: جداول كل من وزارة الزراعة ووزارة الري

قامت كل من وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي (معهد بحوث الأراضي والمياه) ووزارة الموارد المائية والري بوضع جداول للأستهلاك المائي للمحاصيل الرئيسية في مصر. ولهذا فقد تم تقسيم مناطق الجمهورية إلى ثلاث مناطق هي:-

دلتا النيل (الوجه البحري) - مصر الوسطي - مصر العليا (وجه قبلي)

وهذه الجداول تم عملها علي أساس قياسات مائية قديمة بواسطة هدارات وهي تحتاج الي مراجعات علمية حيث أن الطرق العلمية الحديثة لتقدير الأستهلاك المائي كما تم أستعراضه في الفصول السابقة تعتمد علي كل من القياسات الحقلية بأستخدام الليسيمترات وبيانات الأرصاد الجوية الزراعية ولا يمكن الحصول علي بيانات دقيقة من تقديرها عن طريق قياس الماء المضاف للحقل والجدول (٧-٥) يوضح الاستهلاك المائي للمحاصيل في دلتا النيل بالسم/ الشهر وأجمالي الاستهلاك في الموسم للمحاصيل الرئيسية في مصر كذلك كل من الجدول (٧-٦) والجدول (٧-٧) لمنطقة مصر الوسطي ومصر العليا.

جدول (٧-٥أ) : الاحتياجات المائية لمنطقة الدلتا (وجه بحرى) بالسنتيمتر في الشهر

المحصول	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	الاجمالى
شعير	٤,٢٨	٥,٥٠	٩,٥٩	١٠,٥٠	٣,٤٠						٦٩.	٤,٤٠	٣٨,٣٧
موالح	٤,٦٩	٥,٨١	٨,١٩	١٢,٩٠	١٢,٩٠	١٤,٥٩	١٤,٥٩	١٤,٠٠	١١,٦٩	٩,٣١	٥,٨١	٤,٦٩	١١٩,١٧
برسيم	٥,٣١	٦,٣١	٩,٤٠	١٤,١٩	١١,٦٩						٤,٤٠	٥,٠٠	٥٦,٣٠
برسيم تحريش	٥,٣١	٦,٣١									٤,٤٠	٥,٠٠	٢١,٠٢
قطن			٢,٦٩	٥,٥٠	١٢,٣١	١٥,٤٠	١٧,٦٩	٩,١٩	٤,٣١				٦٧,٠٨
كتان	٨,٥٠	٩,٠٠	٣,٥٠								٤,٥٠	٨,٠٠	٣٣,٤٩
فاكهة متساقطة الاوراق			٧,٦٩	١٠,٤٠	١٠,٨١	١٢,٠٩	١٣,٨١	١٥,٤٠	١٥,٠٠	١٠,٤٠			٩٥,٦٠
فول سوداني				٥,٥٠	١٠,٠٠	١٢,٥٠	١٢,٠٠	٤,٥٠					٤٤,٤٩
فول	٤,٩٠	٦,٩٠	٩,٠٠	٤,٢٨							١,٣١	٤,٠٩	٣٠,٤٩
عدس	٤,٥٠	٨,٥٠	٣,٥٩							١,٤٠	٤,٨١	٩,٠٠	٣١,٨٠
ذرة نيلي							٥,٩٠	١٦,٤٠	١٧,٥٩	١١,٠٩	٢,٥٩		٥٣,٥٨
ذرة صيفي					٤,٨١	١٣,٣١	٢٠,٠٩	١٦,٥٠	٣,١٩				٥٧,٨٩
بصل صيفي				٦,٠٠	١٠,٥٠	١٤,٠٠	١٦,٠٠	١٥,٥٠	٥,٥٠				٦٧,٤٩
بصل شتوى	٧,٦٩	٧,٥٩	١٠,٩٠	٧٠٦٩								٥,١٩	٣٩,٠٦
بطاطس صيفي		٥,٠٠	٩,٨١	١٤,٨١	١٣,٨١								٤٣,٤٢
بطاطس نيلي	٨,٣١									٢,٩٠	٥,٠٠	٨,٨١	٢٥,٠٢

جدول (٧-٥ب) : الاحتياجات المائية لمنطقة الدلتا (وجه بحرى) بالسنتيمتر في الشهر

المحصول	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	الاجمالى
أرز (بذرة)													
أرز (شتله)							٣٠,٦٨	٣٤,٦٨	٣٣,٩٠	٨,٨١			١٠٨,٠٧
سمسم					٤,٥٠	١٥,٠٠	١٦,٥٠	٧,٠٠					٤٢,٩٩
ذرة رفيعة													
فول صويا					١١,٠٩	١٩,٥٠	١٣,٩٠	٣,٥٩					٤٨,٠٩
قصب سكر	٤,٦٩	٧,٠٠	١٠,١٩	١٢,٣١	١٧,٠٩	١٨,٣١	٢٠,٥٠	٢٢,٥٩	٢١,٣١	١٦,٤٠	١٢,٩٠	٧,٤٠	١٧٠,٦٨
طماطم نيلي	٨,٣١									٢,٩٠	٥,٠٠	٨,٨١	٢٥,٠٢
طماطم صيفي		٥,٠٠	٩,٨١	١٤,٨١	١٣,٨١								٤٣,٤٢
طماطم شتوي	٧,٦٩								٢,٥٠	٨,٥٠	١٠,٠٩	٩,٨١	
خضروات صيفي			١,١٠	٦,٤٠	٨,١٢	٩,٥٩	٧,٠٠	٤,١٩	٤,٥٠	٢,٨١	١,٦٩		٤٥,٤٠
خضروات نيلي							٠,٩٠	٥,١٩	١٠,٠٠	٩,٣١	٦,٩٠	٤,٤٠	٣٨,٧١
خضروات شتوي	٥,١٩	٢,٩٠	١,٥٩	١,٣١					٢,٠٠	٦,٨١	٥,٤٠	٧,١٩	٣٢,٤٠
قمح	٤,٢٨	٥,٥٠	٥,٥٩	١٠,٥٠	٣,٤٠						٠,٦٩	٤,٤٠	٣٨,٣٧

جدول (٧-٦أ) : الاحتياجات المائية لمنطقة مصر الوسطى بالسنتيمتر في الشهر

المحصول	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	الاجمالى
شعير	٦,٣١	٧,٨١	١٣,٣١	١١,٥٩	١,٦٩						١,١٠	٥,٨١	٤٧,٦١
موالح	٤,٨١	٦,٠٠	٨,٤٠	١٣,٤٠	١٤,٣١	١٤,٩٠	١٤,٩٠	١٤,٤٠	١٢,٠٠	٩,٥٩	٦,٠٠	٤,٨١	١٢٣,٥٢
برسيم	٥,٩٠	٨,٤٠	١٢,٩٠	١٥,٨١	١٣,٠٩						٥,٥٠	٦,١٩	٦٧,٨٠
برسيم تخريش	٥,٩٠	٨,٤٠									٥,٥٩	٦,١٩	٢٦,٠٩
قطن			٣,٠٠	٩,٣١	١٥,٧٨	١٩,٥٠	٢١,٨١	١٠,١٩	٥,٠٠				٨٤,٥٨
كتان	٨,٥٠	٩,٠٠	٣,٥٠								٤,٥٠	٨,٠٠	٣٣,٤٩
فاكهة متساقطة الأوراق			٧,٠٩	١٠,٦٩	١١,٤٠	١٢,٤٠	١٤,٣١	١٦,١٩	١٥,٦٩	١٠,٨١			٩٨,٥٨
فول سوداني				٥,٥٠	١٠,٠٠	١٢,٥٠	١٢,٠٠	٤,٥٠					٤٤,٤٩
فول	٦,٥٠	٧,١٩	١١,٩٠	٢,٤٠							٣,٤٠	٥,٩٠	٣٧,٣٠
عدس	٨,٥٠	٨,٥٠	٣,٥٩							١,٤٠	٤,٨١	٩,٠٠	٣٥,٨٠
ذرة نيلي							٦,٠٠	١٥,٨١	١٧,٩٠	١٢,٥٩	٢,٦٩		٥٤,٩٩
ذرة صيفي					٤,٩٠	١٥,١٩	٢٢,٤٠	١٦,١٩	٣,٥٠				٦٢,١٨
بصل صيفي				٦,٠٠	١١,٠٠	١٤,٠٠	١٧,٠٠	١٦,٥٠	٦,٠٠				٧٠,٤٩
بصل شتوي	٧,٦٩	٨,٥٩	١٠,٩٠	٧,٦٩								٥,١٩	٤٠,٠٦
بطاطس صيفي		٥,٠٠	١٠,٨١	١٤,٨١	١٤,٠٠								٤٤,٦١
بطاطس نيلي	٩,٠٠									٢,٩٠	٥,٩٠	٩,٩٠	٢٧,٧١

جدول (٧- ٦ ب) : الاحتياجات المائية لمنطقة مصر الوسطى بالسنتيمتر في الشهر

المحصول	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	الاجمالي
أرز (بذرة)					٣,٥٩	٢١,٤٠	٣٠,٦٨	٣٤,٦٨	٣٣,٩٠	٨,٨١			١٦٣,٠٦
أرز (شتله)					٠,٥٠	٣,٠٩	٣٠,٦٨	٣٤,٦٨	٣٣,٩٠	٨,٨١			١١١,٦٧
سمسم					٤,٥٩	١٥,٦٩	١٧,٨١	٧,٥٠					٤٥,٥٩
ذرة رفيعة						١٠,١٩	١٩,١٩	٢٢,٩٠	١٣,١٩				٦٥,٤٦
فول صويا					١٣,٦٩	٢٢,٥٠	٢١,١٩	٤,١٩					٦١,٥٦
قصب سكر	٤,٦٩	٧,٠٠	١٠,١٩	١٢,٣١	١٧,٠٩	١٨,٣١	٢٠,٥٠	٢٢,٥٩	٢١,٣١	١٦,٤٠	١٢,٩٠	٧,٤٠	١٧٠,٦٨
طماطم نيلي	٩,٠٠									٢,٩٠	٥,٩٠	٩,٩٠	٢٧,٧١
طماطم صيفي		٥,٠٠	١٠,٨١	١٤,٨١	١٤,٠٠								٤٤,٦١
طماطم شتوى	٣,٦٩							١,١٩	٦,٣١	٦,٩٠	١٠,٥٠	١٠,٠٩	٣٨,٦٨
خضروات صيفي		٠,٣١	٢,٠٩	١,٨١	٤,٠٩	٨,٠٠	١٠,٠٠	٥,١٩	٤,١٩	٤,٥٩	٢,٩٠	١,٨١	٤٤,٩٩
خضروات نيلي						٠,٥٠	٢,٤٠	٦,١٩	٥,٥٩	٨,١٩	٦,٥٩	٤,٦٩	٣٨,١٦
خضروات شتوى	٢,٩٠	٢,٩٠	١,٥٩	١,٣١				٠,٦٠	٤,١٩	٨,٠٠	٨,٥٩	٦,٥٩	٣٦,٧٨
قمح	٦,٣١	٧,٨١	١٣,٣١	١١,٥٩	١,٦٩						١,١٠	٥,٨١	٤٧,٦١

جدول (٧- ٧ أ) : الاحتياجات المائية لمنطقة مصر العليا (وجه قبلى) بالسنتيمتر في الشهر

المحصول	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	الاجمالي
شعير	٧,٥٩	١٠,١٩	١٢,٥٩	١١,٦٩							٢,١٩	٦,٩٠	٥١,١٦
موالح	٥,٠٩	٦,٣١	٨,٤٠	١٤,٠٠	١٤,٠٠	١٥,٩٠	١٥,٩٠	١٥,١٩	١٢,٦٩	١٠,٠٩	٦,٣١	٥,٠٩	١٢٨,٩٧
برسيم	٦,٥٠	١٠,٠٠	١٤,٩٠	١٦,٦٩	١٤,٠٠						٥,٨١	٦,٥٠	٧٤,٣٩
برسيم تخريش	٦,٥٠	٩,٥٠									٥,٨١	٦,٥٠	٢٨,٣٠
قطن	١٠,٣١	١٢,٥٠	١٤,٨١	١٤,٩٠	٢٣,٣٠	١١,٨١							٨٧,٦٣
كتان	٩,٥٠	١٠,٠٠	٦,٥٠								٣,٥٠	٦,٥٠	٣٥,٩٩
فاكهة متساقطة الاوراق			٧,٩٠	١١,١٩	١١,٩٠	١٢,٦٩	١٥,١٩	١٧,٠٩	١٦,٨١	١١,٣١			١٠٤,٠٧
فول سوداني				٧,٠٠	١٣,٠	١٥,٠٠	١٦,٠٠	٥,٠٠					٥٥,٩٩
فول	٧,٤٠	١٠,١٩	١٢,٤٠								٥,٨١	٧,٣١	٤٣,١١
عدس	١٠,٠٠	١٠,٠٠	٧,٠٠								٤,٠٠	٧,٥٠	٣٨,٤٩
ذرة نيلي							٦,٣١	١٦,٩٠	١٩,٤٠	١٣,٥٩	٢,٥٩		٥٨,٨٠
ذرة صيفي					٥,٨١	١٦,٤٠	٢٣,٨٠	١٧,٥٠	٣,٣١				٦٦,٨٢
بصل صيفي				٦,٠٠	١١,٠٠	١٤,٠٠	١٧,٠٠	١٦,٥٠	٦,٠٠				٧٠,٤٩
بصل شتوى	٧,٥٠	٨,٩٠	١١,٠٩	٩,٠٠								٤,٥٠	٤٠,٩٩
بطاطس صيفي		٥,٨١	١٢,٤٠	١٦,٤٠	١٤,٣١								٤٨,٩٢
بطاطس نيلي	١١,٤٠									٣,١٩	٦,٩٠	١١,٦٩	٣٣,١٨

جدول (٧- ٧ ب) : الاحتياجات المائية لمنطقة مصر العليا (وجه قبلى) بالسنتيمتر في لشهر

المحصول	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	الاجمالى
ارز (بذرة)													
ارز (شتله)													
سمسم					٤,٨١	١٦,٠٠	١٨,٨١	٨,٠٠					٤٧,٦١
ذرة رفيعة						١٠,١٩	١٩,١٩	٢٢,٩٠	١٣,١٩				٦٥,٤٦
فول صويا					١٦,٠٩	٢٦,٨٠	٢٥,١٩	٥,٣١					٧٣,٣٩
قصب سكر	٨,٤٠	٩,٩٠	١٣,٦٩	٢٤,١٩	٢٦,١٩	٣٠,٤٠	٢٩,٥٩	٢٥,٠٠	٢٠,٠٩	١٣,٩٠	٩,٣١	٦,١٩	٢١٦,٨٤
طماطم نيلي	١١,٤٠									٣,١٩	٦,٩٠	١١,٦٩	٣٣,١٨
طماطم صيفي		٥,٨١	١٢,٤٠	١٦,٤٠	١٤,٣١								٤٨,٩٢
طماطم شتوى	٤,٥٠							١,٥٩	٧,٨١	١٠,٩٠	١٠,٩٠	٨,٥٩	٤٤,٣٠
خضروات صيفي		٠,٤٠	٢,١٩	٣,٤٠	٦,١٩	١٦,٥٩	١٠,٣١	٤,٨١	٤,٤٠	٤,٦٩	٢,٨١		٥٥٠٨٠
خضروات نيلي						٠,٦٠	٢,٦٩	٦,٦٩	١٠,٤٠	٨,٩٠	٧,١٩	٥,٠٩	٤١,٥٦
خضروات شتوى	٢,٨١	١,٥٩	١,٦٩	١,٤٠				٠,٦٩	٥,٠٠	٩,٤٠	٨,٩٠	٦,٨١	٣٨,٣٠
قمح	٧,٥٩	١٠,١٩	١٣,٥٩	١١,٦٩							٢,١٩	٦,٩٠	٥٢,١٦

ثانيا: بيانات محطات الأرصاد الجوية

عن طريق بيانات محطات الأرصاد الجوية Historical Data الواردة من هيئة الأرصاد الجوية قامت منظمة الأغنية والزراعة بنشر بيانات ٢٨ محطة أرصاد جوية لمصر بالإضافة إلى محطات أخري علي مستوي العالم. FAO –49. CLIMWAT for CROPWAT, 1993 وقد تم إدخال هذه البيانات المناخية لبرنامج الكمبيوتر CROPWAT وحساب البخر نتح القياسي ET_o لمحطات الأرصاد المختلفة والتي تغطي مصر وذلك بمعادلة بنمان – مونتيس وتم عرضها في الجدول (٧-٨أ) والجدول (٧-٨ب) وهي بوحدات مم/يوم وقد تم تقسيم الشهر الي فترات مدة كل منها ١٠ أيام أطلق عليها أوائل – أواسط – أواخر الشهر والرقم الموجود هو متوسط ١٠ أيام.

معامل المحصول Kc: باستخدام بيانات جدول (٦-١) وجدول (٦-٢) تم استنتاج معامل المحصول خلال فترات قدرها ١٠ أيام خلال موسم النمو وعرضها في جدول (٧-٩أ) وجدول (٧-٩ب).

الاستهلاك المائي للمحاصيل ETc: يمكن إيجاد الاستهلاك المائي لأي محصول موجود في الجدول (٧-٩أ) والجدول (٧-٩ب) لأي منطقة مناخية في مصر (٢٨ منطقة مناخية) وذلك بضرب قيمة معامل المحصول في البخر نتح القياسي المقابل لنفس الفترة الزمنية

Etc = Kc .ETo. ولتوضيح ذلك أخذنا منطقة التحرير وقمنا بإيجاد الاستهلاك المائي للمحاصيل المختلفة لتلك المنطقة وذلك بضرب قيمة معامل المحصول لكل فترة × البخر نتح القياسي لهذه الفترة (جدول ٧-٨).

وتم عرض نتائج حساب الاستهلاك المائي للمحاصيل في منطقة التحرير بالمم/يوم في جدول (٧-١٠أ) وجدول (٧-١٠ب). ويمكن تحويل الاستهلاك المائي بالمم/يوم إلى وحدات م٣/فدان.يوم كما يلي:-

الاستهلاك المائي (مم/يوم) = الأستهلاك المائي (مم/يوم) × ٤,٢

جدول (٧-٨أ) البخر نتح القياسي ET_o لمحطات الأرصاد المختلفة والتي تغطي مصر وذلك بمعادلة بنمان – مونتيس حسب برنامج CLIWAT بوحدات مم/يوم .

الفترة الزمنية / المحطة	جميزة	سخا	المنصورة	الإسكندرية	برج العرب	بور سعيد	بلطيم	مرسى مطروح	البحرية	الإسماعيلية	بلبيس	الضبعة	الجيزة	بني سويف
أوائل يناير	١,٦٠	١,٧٧	١,٩٠	٢,٣٧	١,٩٣	٢,٣٣	٢,٢٣	٢,٩٠	٢,١٠	٢,١٧	٢,١٠	٢,٨٣	٢,١٣	٢,٠٠
أواسط يناير	١,٦٠	١,٨٠	١,٩٠	٢,٤٠	١,٦٠	٢,٣٠	٢,٢٠	٢,٩٠	٢,١٠	٢,٢٠	٢,١٠	٢,٨٠	٢,١٠	١,٩٠
أواخر يناير	١,٨٠	١,٩٧	٢,١٠	٢,٥٧	١,٩٧	٢,٥٠	٢,٤٣	٣,٠٠	٢,٣٠	٢,٣٧	٢,٣٠	٢,٩٧	٢,٣٠	٢,٢٠
أوائل فبراير	٢,٠٠	٢,١٣	٢,٣٠	٢,٧٣	٢,٤٠	٢,٧٠	٢,٦٧	٣,١٠	٢,٥٠	٢,٤٧	٢,٥٠	٣,١٣	٢,٥٠	٢,٥٣
أواسط فبراير	٢,٢٠	٢,٣٠	٢,٥٠	٢,٩٠	٢,٧٠	٢,٩٠	٢,٩٠	٣,٢٠	٢,٧٠	٢,٦٠	٢,٧٠	٣,٣٠	٢,٧٠	٢,٨٠
أواخر فبراير	٢,٤٧	٢,٦٣	٢,٨٣	٣,٢٠	٣,٠٠	٣,١٧	٣,٢٧	٣,٤٠	٣,٠٣	٣,١٣	٣,١٠	٣,٥٣	٣,١٣	٣,١٠
أوائل مارس	٢,٧٣	٢,٩٧	٣,١٧	٣,٥٠	٣,٣٠	٣,٤٣	٣,٦٣	٣,٦٠	٣,٣٧	٣,٧٠	٣,٥٠	٣,٧٧	٣,٥٧	٣,٣٣
أواسط مارس	٣,٠٠	٣,٣٠	٣,٥٠	٣,٨٠	٣,٦٠	٣,٧٠	٤,٠٠	٣,٨٠	٣,٧٠	٤,٢٠	٣,٩٠	٤,٠٠	٤,٠٠	٣,٦٠
أواخر مارس	٣,٣٣	٣,٦٧	٣,٨٧	٤,٠٧	٤,٠٧	٣,٩٣	٤,١٧	٤,١٠	٤,١٠	٤,٥٧	٤,٣٠	٤,٢٧	٤,٣٧	٤,٢٣
أوائل إبريل	٣,٦٧	٤,٠٣	٤,٢٣	٤,٣٣	٤,٦٠	٤,١٧	٤,٣٣	٤,٤٠	٤,٥٠	٤,٩٣	٤,٧٠	٤,٥٣	٤,٧٣	٤,٩٧
أواسط إبريل	٤,٠٠	٤,٤٠	٤,٦٠	٤,٦٠	٥,١٠	٤,٤٠	٤,٥٠	٤,٧٠	٤,٩٠	٥,٣٠	٥,١٠	٤,٨٠	٥,١٠	٥,٦٠
أواخر إبريل	٤,٣٠	٤,٧٧	٥,٠٠	٤,٨٠	٥,٢٠	٤,٦٣	٤,٧٧	٤,٩٠	٥,٢٧	٥,٥٠	٥,٤٣	٤,٩٧	٥,٥٣	٥,٧٧
أوائل مايو	٤,٦٠	٥,١٣	٥,٤٠	٥,٠٠	٥,٢٧	٤,٨٧	٥,٠٣	٥,١٠	٥,٦٣	٥,٧٠	٥,٧٧	٥,١٣	٥,٩٧	٥,٩٠
أواسط مايو	٤,٩٠	٥,٥٠	٥,٨٠	٥,٢٠	٥,٤٠	٥,١٠	٥,٣٠	٥,٣٠	٦,٠٠	٥,٩٠	٦,١٠	٥,٣٠	٦,٤٠	٦,١٠
أواخر مايو	٥,١٣	٥,٦٣	٥,٩٣	٥,٣٧	٥,٦٧	٥,٣٣	٥,٥٠	٥,٣٧	٦,٢٠	٦,٠٧	٦,٣٣	٥,٤٧	٦,٧٠	٦,٣٧
أوائل يونيو	٥,٣٧	٥,٧٧	٦,٠٧	٥,٥٣	٦,٠٠	٥,٥٧	٥,٧٠	٥,٤٣	٦,٤٠	٦,٢٣	٦,٥٧	٥,٦٣	٧,٠٧	٦,٧٠
أواسط يونيو	٥,٦٠	٥,٩٠	٦,٢٠	٥,٧٠	٦,٣٠	٥,٨٠	٥,٩٠	٥,٥٠	٦,٦٠	٦,٤٠	٦,٨٠	٥,٨٠	٧,٤٠	٧,٠٠
أواخر يونيو	٥,٦٠	٥,٩٠	٦,٠٧	٥,٧٧	٦,١٣	٥,٨٣	٥,٩٠	٥,٦٠	٦,٥٧	٦,٤٧	٦,٧٧	٥,٩٠	٧,٢٠	٦,٨٣

الفترة الزمنية / المحطة	جميزة	سخا	المنصورة	الإسكندرية	برج العرب	بور سعيد	بلطيم	مرسى مطروح	البحرية	الإسماعيلية	بلبيس	الضبعة	الجيزة
أوائل يوليو	٥,٦٠	٥,٩٠	٥,٩٣	٥,٨٣	٥,٩٣	٥,٨٧	٥,٩٠	٥,٧٠	٦,٥٣	٦,٥٣	٦,٧٣	٦,٠٠	٦,٩٧
أواسط يوليو	٥,٦٠	٥,٩٠	٥,٨٠	٥,٩٠	٥,٨٠	٥,٩٠	٥,٩٠	٥,٨٠	٦,٥٠	٦,٦٠	٦,٧٠	٦,١٠	٦,٨٠
أواخر يوليو	٥,٥٠	٥,٧٧	٥,٧٣	٥,٨٧	٥,٧٣	٥,٨٠	٥,٨٧	٥,٧٧	٦,٣٧	٦,٤٣	٦,٥٠	٦,١٣	٦,٥٧
أوائل أغسطس	٥,٤٠	٥,٦٣	٥,٦٧	٥,٨٣	٥,٦٧	٥,٧٠	٥,٨٣	٥,٧٣	٦,٢٣	٦,٢٧	٦,٣٠	٦,١٧	٦,٣٣
أواسط أغسطس	٥,٣٠	٥,٥٠	٥,٦٠	٥,٨٠	٥,٦٠	٥,٦٠	٥,٨٠	٥,٧٠	٦,١٠	٦,١٠	٦,١٠	٦,٢٠	٦,١٠
أواخر أغسطس	٥,٠٠	٥,١٧	٥,٣٠	٥,٥٧	٥,٣٠	٥,٣٧	٥,٥٣	٥,٤٧	٥,٧٧	٥,٧٧	٥,٧٣	٥,٩٣	٥,٨٠
أوائل سبتمبر	٤,٧٠	٤,٨٣	٥,٠٠	٥,٣٣	٥,٠٠	٥,١٣	٥,٢٧	٥,٢٣	٥,٤٣	٥,٤٣	٥,٣٧	٥,٦٧	٥,٥٠
أواسط سبتمبر	٤,٤٠	٤,٥٠	٤,٧٠	٥,١٠	٤,٧٠	٤,٩٠	٥,٠٠	٥,٠٠	٥,١٠	٥,١٠	٥,٠٠	٥,٤٠	٥,٢٠
أواخر سبتمبر	٤,٠٣	٤,١٣	٤,٢٧	٤,٦٧	٤,٤٧	٤,٧٣	٤,٧٧	٤,٧٠	٤,٧٠	٤,٧٠	٤,٦٣	٥,٠٧	٤,٨٧
أوائل أكتوبر	٣,٦٧	٣,٧٧	٣,٨٣	٤,٢٣	٤,٢٣	٤,٥٧	٤,٥٣	٤,٤٠	٤,٣٠	٤,٣٠	٤,٢٧	٤,٧٣	٤,٥٣
أواسط أكتوبر	٣,٣٠	٣,٤٠	٣,٤٠	٣,٨٠	٤,٠٠	٤,٤٠	٤,٣٠	٤,١٠	٣,٩٠	٣,٩٠	٣,٩٠	٤,٤٠	٤,٢٠
أواخر أكتوبر	٢,٩٣	٣,٠٧	٣,١٠	٣,٤٧	٣,٦٧	٣,٩٧	٣,٨٧	٣,٨٣	٣,٥٠	٣,٤٧	٣,٥٠	٤,٠٠	٣,٧٣
أوائل نوفمبر	٢,٥٧	٢,٧٣	٢,٨٠	٣,١٣	٣,٣٣	٣,٥٣	٣,٤٣	٣,٥٧	٣,١٠	٣,٠٣	٣,١٠	٣,٥٣	٣,٢٧
أواسط نوفمبر	٢,٢٠	٢,٤٠	٢,٥٠	٢,٨٠	٣,٠٠	٣,١٠	٣,٠٠	٣,٣٠	٢,٧٠	٢,٦٠	٢,٧٠	٣,١٠	٢,٨٠
أواخر نوفمبر	٢,٠٠	٢,١٧	٢,٣٠	٢,٦٣	٢,٨٧	٢,٨٧	٢,٧٧	٣,١٧	٢,٥٠	٢,٤٣	٢,٥٠	٣,٠٣	٢,٦٠
أوائل ديسمبر	١,٨٠	١,٩٣	٢,١٠	٢,٤٧	٢,٧٣	٢,٦٣	٢,٥٣	٣,٠٣	٢,٣٠	٢,٢٧	٢,٣٠	٣,٠٠	٢,٤٠
أواسط ديسمبر	١,٦٠	١,٧٠	١,٩٠	٢,٣٠	٢,٦٠	٢,٤٠	٢,٣٠	٢,٩٠	٢,١٠	٢,١٠	٢,١٠	٢,٩٠	٢,٢٠
أواخر ديسمبر	١,٦٠	١,٧٣	١,٩٠	٢,٣٣	٢,٣٣	٢,٣٧	٢,٢٧	٢,٩٠	٢,١٠	٢,١٣	٢,١٠	٢,٨٧	٢,١٧

جدول (٧-٨ب) البخر نتح القياسي ET_o لمحطات الأرصاد المختلفة والتي تغطي مصر وذلك بمعادلة بنمان – مونتيس حسب برنامج CLIWAT بوحدات مم/يوم .

المحطة / الشهر	سيدي براني	مطروح	التحرير	القليا	المطيم	الطارحة	حلوان	الشلتويل	كوم أمبو	سوهاج	أسيوط	الداخلة	سيوة	أسوان
أوائل يناير	٣,١٣	٢,٢٧	٢,٣٧	٢,٣٧	٣,٣٣	٢,٤٠	٢,٣٧	٢,٤٠	٣,٠٠	٢,٥٠	٢,٧٧	٣,٠٧	٣,١٣	٣,٤٠
أوسط يناير	٣,١٠	٢,٣٠	٢,٣٠	٢,٤٠	٣,٣٠	٢,٤٠	٢,٤٠	٢,٣٠	٣,٠٠	٢,٤٠	٢,٧٠	٣,١٠	٣,٢٠	٣,٣٠
أواخر يناير	٣,٣٣	٢,٥٠	٢,٥٠	٢,٦٣	٣,٤٣	٢,٦٣	٢,٦٣	٢,٦٠	٣,٢٧	٢,٧٣	٣,٠٣	٣,٣٧	٣,٤٠	٣,٧٠
أوائل فبراير	٣,٥٧	٢,٧٠	٢,٧٠	٢,٨٧	٣,٥٧	٢,٨٧	٢,٨٧	٢,٩٣	٣,٥٣	٣,١٠	٣,٤٠	٣,٦٣	٣,٥٣	٤,١٣
أوسط فبراير	٣,٨٠	٢,٩٠	٢,٩٠	٣,١٠	٣,٧٠	٣,١٠	٣,١٠	٣,٢٠	٣,٨٠	٣,٤٠	٣,٧٠	٣,٩٠	٣,٧٠	٤,٥٠
أواخر فبراير	٣,٩٧	٣,٣٣	٣,٢٧	٣,٥٠	٣,٩٠	٣,٥٠	٣,٥٣	٣,٦٧	٤,٢٧	٣,٨٧	٤,١٧	٤,٣٧	٤,٣٠	٤,٩٧
أوائل مارس	٤,١٣	٣,٧٧	٣,٦٣	٣,٩٠	٤,١٠	٣,٩٠	٣,٩٧	٤,١٣	٤,٧٣	٤,٣٣	٤,٦٣	٤,٨٣	٤,٩٣	٥,٤٣
أوسط مارس	٤,٣٠	٤,٢٠	٤,٠٠	٤,٣٠	٤,٣٠	٤,٣٠	٤,٤٠	٤,٦٠	٥,٢٠	٤,٨٠	٥,١٠	٥,٣٠	٥,٥٠	٥,٩٠
أواخر مارس	٤,٥٧	٤,٧٠	٤,٥٠	٤,٧٧	٤,٦٠	٤,٦٧	٤,٨٣	٥,٠٧	٥,٥٠	٥,٢٧	٥,٦٠	٥,٨٠	٦,١٠	٦,٤٠
أوائل إبريل	٤,٨٣	٥,٢٠	٥,٠٠	٥,٢٣	٤,٩٠	٥,٠٣	٥,٢٧	٥,٥٣	٥,٨٠	٥,٧٣	٦,١٠	٦,٣٠	٦,٧٠	٦,٩٠
أوسط إبريل	٥,١٠	٥,٧٠	٥,٥٠	٥,٧٠	٥,٢٠	٥,٤٠	٥,٧٠	٦,٠٠	٦,١٠	٦,٢٠	٦,٦٠	٦,٨٠	٧,٣٠	٧,٤٠
أواخر إبريل	٥,١٧	٦,٣٧	٥,٩٠	٦,٢٧	٥,٣٧	٥,٨٠	٦,١٣	٦,٤٧	٦,٢٧	٦,٦٧	٧,٢٧	٧,٣٠	٧,٧٠	٧,٨٣
أوائل مايو	٥,٢٣	٧,١٧	٦,٣٠	٦,٩٠	٥,٥٣	٦,٢٠	٦,٥٧	٧,٠٠	٦,٤٣	٧,١٣	٨,٠٧	٧,٨٧	٨,١٠	٨,٣٣
أوسط مايو	٥,٣٠	٧,٩٠	٦,٧٠	٧,٥٠	٥,٧٠	٦,٦٠	٧,٠٠	٧,٥٠	٦,٦٠	٧,٦٠	٨,٨٠	٨,٤٠	٨,٥٠	٨,٨٠
أواخر مايو	٥,٤٠	٧,٧٣	٦,٨٧	٧,٥٠	٦,٠٣	٦,٩٠	٧,٣٠	٧,٦٠	٦,٨٧	٧,٧٧	٨,٨٣	٨,٥٠	٨,٧٣	٨,٦٧
أوائل يونيو	٥,٥٠	٧,٥٠	٧,٠٣	٧,٤٧	٦,٣٧	٧,٢٧	٧,٦٧	٧,٦٧	٧,٢٠	٨,٠٠	٨,٩٣	٨,٥٧	٨,٩٧	٨,٥٠
أوسط يونيو	٥,٦٠	٧,٤٠	٧,٢٠	٧,٥٠	٦,٧٠	٧,٦٠	٨,٠٠	٧,٨٠	٧,٥٠	٨,٢٠	٩,١٠	٨,٧٠	٩,٢٠	٨,٤٠
أواخر يونيو	٥,٧٣	٧,٠٣	٧,١٠	٧,٢٧	٦,٧٣	٧,٤٠	٧,٨٣	٧,٦٣	٧,٣٣	٧,٩٣	٨,٥٧	٨,٧٣	٩,٢٠	٨,١٧

المحطة / الشهر	سيدي براني	مطروح	التحرير	القليا	المطيم	الطارحة	حلوان	الشلتويل	كوم أمبو	سوهاج	أسيوط	الداخلة	سيوة	أسوان
أوائل يوليو	٥,٨٧	٦,٦٧	٧,٠٠	٧,٠٣	٦,٧٧	٧,١٧	٧,٦٣	٧,٤٧	٧,١٣	٧,٦٣	٧,٨٣	٨,٧٧	٩,٢٠	٧,٩٣
أوسط يوليو	٦,٠٠	٦,٣٠	٦,٩٠	٦,٨٠	٦,٨٠	٧,٠٠	٧,٥٠	٧,٣٠	٧,٠٠	٧,٤٠	٧,٣٠	٨,٨٠	٩,٢٠	٧,٧٠
أواخر يوليو	٥,٩٧	٦,١٧	٦,٧٠	٦,٦٣	٦,٧٠	٦,٨٣	٧,٢٠	٧,٢٠	٧,٠٠	٧,٣٣	٧,٤٣	٨,٦٣	٨,٩٧	٧,٧٧
أوائل أغسطس	٥,٩٣	٦,٠٣	٦,٥٠	٦,٤٧	٦,٦٠	٦,٦٧	٦,٩٠	٧,١٠	٧,٠٠	٧,٢٧	٧,٦٣	٨,٤٧	٨,٨٠	٧,٩٠
أوسط أغسطس	٥,٩٠	٥,٩٠	٦,٣٠	٦,٣٠	٦,٥٠	٦,٥٠	٦,٦٠	٧,٠٠	٧,٠٠	٧,٢٠	٧,٧٠	٨,٣٠	٨,٦٠	٨,٠٠
أواخر أغسطس	٥,٦٧	٥,٦٧	٥,٩٧	٦,٠٣	٦,١٧	٦,٤٧	٦,٢٣	٦,٧٣	٦,٧٧	٧,٠٠	٧,٦٠	٧,٩٧	٨,٠٠	٧,٧٠
أوائل سبتمبر	٥,٤٣	٥,٤٣	٥,٦٣	٥,٧٧	٥,٨٣	٦,٥٠	٥,٨٧	٦,٤٧	٦,٥٣	٦,٨٠	٧,٦٣	٧,٦٣	٧,٣٧	٧,٣٧
أوسط سبتمبر	٥,٢٠	٥,٢٠	٥,٣٠	٥,٥٠	٥,٥٠	٦,٥٠	٥,٥٠	٦,٢٠	٦,٣٠	٦,٦٠	٧,٦٠	٧,٣٠	٦,٨٠	٧,١٠
أواخر سبتمبر	٤,٩٠	٤,٨٠	٤,٩٣	٥,٠٧	٥,١٣	٥,٩٣	٥,٢٠	٥,٦٧	٥,٩٠	٦,١٠	٦,٨٣	٦,٧٧	٦,٣٣	٦,٨٠
أوائل أكتوبر	٤,٦٠	٤,٤٠	٤,٥٧	٤,٦٣	٤,٧٧	٥,٣٣	٤,٩٠	٥,١٣	٥,٥٠	٥,٦٠	٦,٠٠	٦,٢٣	٥,٨٧	٦,٥٧
أوسط أكتوبر	٤,٣٠	٤,٠٠	٤,٢٠	٤,٢٠	٤,٤٠	٤,٨٠	٤,٦٠	٤,٦٠	٥,١٠	٥,١٠	٥,٣٠	٥,٧٠	٥,٤٠	٦,٣٠
أواخر أكتوبر	٤,٠٧	٣,٦٠	٣,٨٠	٣,٧٧	٤,٢٠	٤,٢٧	٤,١٣	٤,٢٠	٤,٧٣	٤,٦٠	٤,٨٠	٥,١٠	٤,٩٠	٥,٦٠
أوائل نوفمبر	٣,٨٣	٣,٢٠	٣,٤٠	٣,٣٣	٤,٠٠	٣,٧٣	٣,٦٧	٣,٨٠	٤,٣٧	٤,١٠	٤,٣٠	٤,٤٣	٤,٤٠	٤,٨٠
أوسط نوفمبر	٣,٦٠	٢,٨٠	٣,٠٠	٢,٩٠	٣,٨٠	٣,٢٠	٣,٢٠	٣,٤٠	٤,٠٠	٣,٦٠	٣,٨٠	٣,٨٠	٣,٩٠	٤,١٠
أواخر نوفمبر	٣,٤٧	٢,٦٠	٢,٨٣	٢,٧٠	٣,٦٧	٢,٩٣	٢,٩٠	٣,١٣	٣,٦٧	٣,٣٠	٣,٥٠	٣,٥٣	٣,٦٠	٣,٩٣
أوائل ديسمبر	٣,٣٣	٢,٤٠	٢,٦٧	٢,٥٠	٣,٥٣	٢,٦٧	٢,٥٣	٢,٨٧	٣,٢٧	٣,٠٠	٣,٢٠	٣,٢٣	٣,٢٣	٣,٨٠
أوسط ديسمبر	٣,٢٠	٢,٢٠	٢,٥٠	٢,٣٠	٣,٤٠	٢,٤٠	٢,٢٠	٢,٦٠	٢,٩٠	٢,٧٠	٢,٩٠	٢,٩٠	٢,٩٠	٣,٦٠
أواخر ديسمبر	٣,١٧	٢,٢٣	٢,٤٣	٢,٣٣	٣,٣٧	٢,٤٠	٢,٢٧	٢,٥٣	٢,٩٣	٢,٦٣	٢,٨٧	٢,٩٧	٣,٠٠	٣,٥٣

جهد البخر نتح مم/يوم لمحطات الأرصاد المختلفة محسوبا بطريقة بنمان مونتيس باستخدام برنامج الفاو

جدول (٧-٩١) معامل المحصول باستخدام جدول (٦-١) وجدول (٦-٢)

المدة الزمنية / النبات	الذرة	أرز	عباد الشمس	السورجم	فول الصويا	بصل	بصل	بصل	قصب السكر
	المحاصيل								
أوائل يناير							٠,٩٥	٠,٨٩	٠,٥٥
أواسط يناير							٠,٩٤	٠,٩٥	٠,٥٥
أواخر يناير							٠,٩١	٠,٩٥	٠,٥٥
أوائل فبراير							٠,٨٦	٠,٩٥	٠,٥٨
أواسط فبراير							٠,٨١	٠,٩٥	٠,٦٤
أواخر فبراير							٠,٧٦	٠,٩٥	٠,٦٩
أوائل مارس								٠,٩٥	٠,٧٤
أواسط مارس								٠,٩٥	٠,٧٩
أواخر مارس								٠,٩٧	٠,٨٥
أوائل إبريل					٠,٥٠	٠,٦٠		٠,٨٧	٠,٩١
أواسط إبريل					٠,٥٠	٠,٦٠		٠,٨٢	٠,٩٧
أواخر إبريل					٠,٥٧	٠,٦٥		٠,٧٧	١,٠٢
أوائل مايو	٠,٣٠	١,٢٠	٠,٣٥		٠,٧١	٠,٧٥			١,٠٥
أواسط مايو	٠,٣٠	١,١٧	٠,٣٥		٠,٨٦	٠,٨٥			١,٠٥
أواخر مايو	٠,٤٣	١,٠٩	٠,٤٧		٠,٩٦	٠,٩٣			١,٠٥
أوائل يونيو	٠,٦٧	١,٠٥	٠,٦٩	٠,٥٠	١,٠٠	٠,٩٥			١,٠٥
أواسط يونيو	٠,٨٩	١,٠٥	٠,٩١	٠,٥٠	١,٠٠	٠,٩٥			١,٠٥
أواخر يونيو	١,٠٥	١,٠٨	١,٠٦	٠,٥٨	١,٠٠	٠,٩٥			١,٠٥
أوائل يوليو	١,١٠	١,١٣	١,١٠	٠,٧٥	١,٠٠	٠,٩٥			١,٠٥
أواسط يوليو	١,١٠	١,١٨	١,١٠	٠,٩٢	١,٠٠	٠,٩٥			١,٠٥
أواخر يوليو	١,١٠	١,٢٠	١,١٠	١,٠٠	٠,٩٣	٠,٩٥			١,٠٥
أوائل أغسطس	١,٠١	١,٢٠	٠,٩٧	١,٠٠	٠,٧٦	٠,٩٥			١,٠٥
أواسط أغسطس	٠,٨٠	١,٢٠	٠,٦٥	١,٠٠	٠,٥٦	٠,٩٣			١,٠٥
أواخر أغسطس	٠,٥٤	١,١٩	٠,٢٦	٠,٩٨		٠,٨٩			١,٠٥
أوائل سبتمبر	٠,٢٧	١,١٣		٠,٨٨		٠,٨٥			١,٠٥
أواسط سبتمبر		١,٠٣		٠,٧٢		٠,٨٠			١,٠٥
أواخر سبتمبر		٠,٩٣		٠,٥٥		٠,٧٦			١,٠٥
أوائل أكتوبر							٠,٦٠		١,٠٥
أواسط أكتوبر							٠,٦٤		١,٠٥
أواخر أكتوبر							٠,٧٥		١,٠٣
أوائل نوفمبر							٠,٨٩		٠,٩٨
أواسط نوفمبر							٠,٩٥		٠,٩١
أواخر نوفمبر							٠,٩٥		٠,٨٣
أوائل ديسمبر							٠,٩٥	٠,٦٠	٠,٧٦
أواسط ديسمبر							٠,٩٥	٠,٦٤	٠,٦٨
أواخر ديسمبر							٠,٩٥	٠,٧٥	٠,٦٠

المدة الزمنية / النبات	قمح/شعير	برسيم	برسيم مصري	برسيم قصير	بسلة	فول	بنجر السكر	القطن	فول سوداني
	المحاصيل								
أوائل يناير	٠,٧٦	٠,٩٥	١,٠٠	١,٠٠	٠,٩٨	١,٠٢	٠,٩٤		
أواسط يناير	٠,٩٣	٠,٩٥	١,٠٠	١,٠٠	٠,٨١	١,٠٥	١,٠٥		
أواخر يناير	١,٠٨	٠,٩٥	١,٠٠	١,٠٠		١,٠٥	١,١٥		
أوائل فبراير	١,١٥	٠,٩٥	١,٠٠			١,٠٥	١,٢٠		
أواسط فبراير	١,١٥	٠,٩٥	١,٠٠			١,٠٥	١,٢٠		
أواخر فبراير	١,١٥	٠,٩٥	١,٠٠			١,٠٥	١,٢٠		
أوائل مارس	١,١٥	٠,٩٥	١,٠٠			١,٠٠	١,٢٠		
أواسط مارس	١,١٥	٠,٩٥	١,٠٠			٠,٨٥	١,٢٠	٠,٣٥	
أواخر مارس	١,١٢	٠,٩٥	٠,٩٩			٠,٦٤	١,٢٠	٠,٣٥	
أوائل إبريل	٠,٩٧	٠,٩٥	٠,٩٥				١,٢٠	٠,٣٥	٠,٤٠
أواسط إبريل	٠,٧٢	٠,٩٥	٠,٨٩				١,١٨	٠,٤٠	٠,٤٠
أواخر إبريل	٠,٤٧	٠,٩٥	٠,٨٢				١,٠٨	٠,٥٣	٠,٤٠
أوائل مايو		٠,٩٥					٠,٩٢	٠,٦٨	٠,٤٣
أواسط مايو		٠,٩٥					٠,٧٥	٠,٨٣	٠,٥٢
أواخر مايو		٠,٩٥						٠,٩٩	٠,٦٥
أوائل يونيو		٠,٩٥						١,٠٩	٠,٧٨
أواسط يونيو		٠,٩٥						١,١٠	٠,٩٠
أواخر يونيو		٠,٩٥						١,١٠	٠,٩٥
أوائل يوليو		٠,٩٥						١,١٠	٠,٩٥
أواسط يوليو		٠,٩٥						١,١٠	٠,٩٥
أواخر يوليو		٠,٩٥						١,٠٧	٠,٩٥
أوائل أغسطس		٠,٩٥						٠,٩٦	٠,٨٩
أواسط أغسطس		٠,٩٥						٠,٨١	٠,٧٣
أواخر أغسطس		٠,٩٥						٠,٦٦	٠,٥٤
أوائل سبتمبر		٠,٩٥						٠,٥٠	
أواسط سبتمبر		٠,٩٥							
أواخر سبتمبر		٠,٩٥							
أوائل أكتوبر		٠,٩٥	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٥٠		٠,٣٥		
أواسط أكتوبر		٠,٩٥	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٥٠		٠,٣٥		
أواخر أكتوبر		٠,٩٥	٠,٦١	٠,٦١	٠,٥٦		٠,٣٥		
أوائل نوفمبر		٠,٩٥	٠,٦٨	٠,٦٨	٠,٧٠	٠,٥٠	٠,٣٥		
أواسط نوفمبر	٠,٣٠	٠,٩٥	٠,٨١	٠,٨١	٠,٨٩	٠,٥٠	٠,٣٨		
أواخر نوفمبر	٠,٣٠	٠,٩٥	٠,٩٤	٠,٩٤	١,٠١	٠,٥٣	٠,٤٧		
أوائل ديسمبر	٠,٣١	٠,٩٥	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٥	٠,٦٤	٠,٥٩		
أواسط ديسمبر	٠,٤٠	٠,٩٥	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٥	٠,٧٨	٠,٧٠		
أواخر ديسمبر	٠,٥٨	٠,٩٥	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٥	٠,٩٢	٠,٨٢		

جدول (٧-٩ب) معامل المحصول

النبات / المدة الزمنية	خضر								
	كوسة	كوسة	خيار	بطيخ	طماطم	طماطم	طماطم	بطاطس	بطاطس
أوائل يناير		٠,٩٠			٠,٦٠		١,٠٣		١,٠٤
أواسط يناير		٠,٨٩			٠,٦٠		٠,٨٦		٠,٩٧
أواخر يناير		٠,٨٣			٠,٦٤		٠,٦٥		٠,٨٥
أوائل فبراير		٠,٧٥			٠,٧٦			٠,٦٠	٠,٧٢
أواسط فبراير		٠,٦٧			٠,٩٠			٠,٦٠	
أواخر فبراير					١,٠٣			٠,٦٢	
أوائل مارس					١,٠٩			٠,٧٢	
أواسط مارس					١,١٠			٠,٨٧	
أواخر مارس					١,١٠			١,٠٠	
أوائل إبريل	٠,٦٠		٠,٦٠	٠,٥٥	١,٠٥			١,٠٥	
أواسط إبريل	٠,٦٠		٠,٦٠	٠,٥٥	٠,٩٠			١,٠٥	
أواخر إبريل	٠,٦٢		٠,٦٥	٠,٥٨	٠,٧٠			١,٠٥	
أوائل مايو	٠,٦٩		٠,٧٥	٠,٦٦				١,٠٥	
أواسط مايو	٠,٧٧		٠,٨٥	٠,٧٨				١,٠٠	
أواخر مايو	٠,٨٦		٠,٩٠	٠,٨٩				٠,٨٨	
أوائل يونيو	٠,٩٠		٠,٩٠	٠,٩٥		٠,٦٠		٠,٧٦	
أواسط يونيو	٠,٩٠		٠,٩٠	٠,٩٥		٠,٦٠			
أواخر يونيو	٠,٩٠		٠,٨٩	٠,٩٥		٠,٦٤			
أوائل يوليو	٠,٩٠		٠,٨٢	٠,٩٤		٠,٧٤			
أواسط يوليو	٠,٨٧		٠,٦٩	٠,٨٦		٠,٨٩			
أواخر يوليو	٠,٨١			٠,٧٠		١,٠٣			
أوائل أغسطس	٠,٧٥					١,١٠			
أواسط أغسطس	٠,٦٩					١,١٠			
أواخر أغسطس						١,١٠			
أوائل سبتمبر						١,٠٣			
أواسط سبتمبر						٠,٨٦			
أواخر سبتمبر						٠,٦٦			
أوائل أكتوبر							٠,٦٠		٠,٦٠
أواسط أكتوبر		٠,٥٥					٠,٦٠		٠,٦٠
أواخر أكتوبر		٠,٥٥					٠,٦٤		٠,٦٥
أوائل نوفمبر		٠,٥٦					٠,٧٦		٠,٧٦
أواسط نوفمبر		٠,٦٢					٠,٩٠		٠,٩١
أواخر نوفمبر		٠,٧٢					١,٠٤		١,٠٢
أوائل ديسمبر		٠,٨٢					١,١٠		١,٠٥
أواسط ديسمبر		٠,٨٩					١,١٠		١,٠٥
أواخر ديسمبر		٠,٩٠					١,١٠		١,٠٥

النبات / المدة الزمنية	متساقطات	أشجار مستديمة الخضرة							
	متساقطات (قمح،[illegible])	تفاح	عنب	موز عمر عام	موز عمر عامين	موالح	مانجو	نخيل البلح	زيتون
أوائل يناير					١,١٢	٠,٧٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٥٠
أواسط يناير					١,١١	٠,٧٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٥٠
أواخر يناير					١,١٠	٠,٧٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٥٠
أوائل فبراير					٠,٧٠	٠,٧٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٥٠
أواسط فبراير					٠,٧٠	٠,٧٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٥٠
أواخر فبراير					٠,٧٠	٠,٧٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٥٠
أوائل مارس	٠,٥٥	٠,٦٠	٠,٢٥	٠,٥٠	٠,٧١	٠,٧٤	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٥
أواسط مارس	٠,٥٥	٠,٦٠	٠,٢٥	٠,٥٠	٠,٧٤	٠,٧٣	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٥
أواخر مارس	٠,٥٨	٠,٦٣	٠,٢٥	٠,٥٠	٠,٧٨	٠,٧٢	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٥
أوائل إبريل	٠,٦٣	٠,٦٨	٠,٣٠	٠,٥٢	٠,٨١	٠,٧١	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٤
أواسط إبريل	٠,٦٨	٠,٧٣	٠,٣٧	٠,٥٦	٠,٨٥	٠,٧٠	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦١
أواخر إبريل	٠,٧٣	٠,٧٨	٠,٤٤	٠,٥٩	٠,٨٨	٠,٦٩	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٥٩
أوائل مايو	٠,٧٨	٠,٨٣	٠,٥٢	٠,٦٣	٠,٩١	٠,٦٨	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٥٧
أواسط مايو	٠,٨٣	٠,٨٨	٠,٦٠	٠,٦٧	٠,٩٥	٠,٦٧	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٥٥
أواخر مايو	٠,٨٨	٠,٩٣	٠,٦٧	٠,٧٠	٠,٩٨	٠,٦٦	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٥٢
أوائل يونيو	٠,٩٠	٠,٩٥	٠,٧٠	٠,٧٤	١,٠٢	٠,٦٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٥٠
أواسط يونيو	٠,٩٠	٠,٩٥	٠,٧٠	٠,٧٨	١,٠٥	٠,٦٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٤٨
أواخر يونيو	٠,٩٠	٠,٩٥	٠,٧٠	٠,٨١	١,٠٨	٠,٦٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٤٦
أوائل يوليو	٠,٩٠	٠,٩٥	٠,٧٠	٠,٨٥	١,١٢	٠,٦٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٤٥
أواسط يوليو	٠,٩٠	٠,٩٥	٠,٧٠	٠,٨٩	١,١٥	٠,٦٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٤٥
أواخر يوليو	٠,٩٠	٠,٩٥	٠,٧٠	٠,٩٢	١,١٨	٠,٦٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٤٥
أوائل أغسطس	٠,٩٠	٠,٩٥	٠,٦٨	٠,٩٦	١,٢٠	٠,٦٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٤٥
أواسط أغسطس	٠,٩٠	٠,٩٥	٠,٦٥	١,٠٠	١,٢٠	٠,٦٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٤٥
أواخر أغسطس	٠,٩٠	٠,٩٥	٠,٦٢	١,٠٤	١,٢٠	٠,٦٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٤٥
أوائل سبتمبر	٠,٩٠	٠,٩٥	٠,٥٩	١,٠٧	١,٢٠	٠,٦٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٤٧
أواسط سبتمبر	٠,٩٠	٠,٩٥	٠,٥٦	١,١١	١,٢٠	٠,٦٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٤٩
أواخر سبتمبر	٠,٨٩	٠,٩٤	٠,٥٣	١,١٤	١,٢٠	٠,٦٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٥١
أوائل أكتوبر	٠,٨٦	٠,٩١	٠,٥٠	١,١٥	١,٢٠	٠,٦٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٥٤
أواسط أكتوبر	٠,٨٢	٠,٩٧	٠,٤٧	١,١٥	١,٢٠	٠,٦٦	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٥٦
أواخر أكتوبر	٠,٧٨	٠,٨٣	٠,٤٤	١,١٥	١,٢٠	٠,٦٧	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٥٨
أوائل نوفمبر	٠,٧٣	٠,٧٨	٠,٤١	١,١٤	١,١٩	٠,٦٧	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦١
أواسط نوفمبر	٠,٦٩	٠,٧٤	٠,٣٨	١,١٣	١,١٨	٠,٦٨	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٣
أواخر نوفمبر	٠,٦٥	٠,٧٠	٠,٣٥	١,١٣	١,١٧	٠,٦٨	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٥
أوائل ديسمبر				١,١٢	١,١٦	٠,٦٩	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٥٠
أواسط ديسمبر				١,١١	١,١٥	٠,٦٩	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٥٠
أواخر ديسمبر				١,١٠	١,١٤	٠,٧٠	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٥٠

جدول (٧-١٠أ) الاستهلاك المائي للمحاصيل في منطقة التحرير بالمم/يوم.

جنوب التحرير – الأستهلاك المائي الصافي مم/ يوم

النبات / في المدة الزمنية	المحاصيل														
	قمح/شعير	برسيم حجازي	برسيم مصري	برسيم قصير	بسلة	فول	بنجر السكر	قطن	فول سوداني	ذرة	أرز ***	عباد الشمس	السورجم	فول الصويا	بصل
أوائل يناير	١,٨٠	٢,٢٥	٢,٣٧	٢,٣٧	٢,٣٢	٢,٤٢	٢,٢٣	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواسط يناير	٢,١٤	٢,١٩	٢,٣٠	٢,٣٠	١,٨٦	٢,٤٢	٢,٤٢	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواخر يناير	٢,٧٠	٢,٣٨	٢,٥٠	٢,٥٠	٠,٠٠	٢,٦٣	٢,٨٨	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أوائل فبراير	٣,١١	٢,٥٧	٢,٧٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٨٤	٣,٢٤	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواسط فبراير	٣,٣٤	٢,٧٦	٢,٩٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٣,٠٥	٣,٤٨	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواخر فبراير	٣,٧٦	٣,١١	٣,٢٧	٠,٠٠	٠,٠٠	٣,٤٣	٣,٩٢	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أوائل مارس	٤,١٧	٣,٤٥	٣,٦٣	٠,٠٠	٠,٠٠	٣,٦٣	٤,٣٦	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواسط مارس	٤,٦٠	٣,٨٠	٤,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٣,٤٠	٤,٨٠	١,٤٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواخر مارس	٥,٠٤	٤,٢٨	٤,٤٦	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٨٨	٥,٤٠	١,٥٨	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أوائل إبريل	٤,٨٥	٤,٧٥	٤,٧٥	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٦,٠٠	١,٧٥	٢,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٥٠	٣,٠٠
أواسط إبريل	٣,٩٦	٥,٢٣	٤,٩٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٦,٤٩	٢,٢٠	٢,٢٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٧٥	٣,٣٠
أواخر إبريل	٢,٧٧	٥,٦١	٤,٨٤	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٦,٣٧	٣,١٣	٢,٣٦	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٣,٣٦	٣,٨٤
أوائل مايو	٠,٠٠	٥,٩٩	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٥,٨٠	٤,٢٨	٢,٧١	١,٨٩	٧,٥٦	٢,٢١	٠,٠٠	٤,٤٧	٤,٧٣
أواسط مايو	٠,٠٠	٦,٣٧	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٥,٠٣	٥,٥٦	٣,٤٨	٢,٠١	٧,٨٤	٢,٣٥	٠,٠٠	٥,٧٦	٥,٧٠
أواخر مايو	٠,٠٠	٦,٥٣	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٦,٨٠	٤,٤٧	٢,٩٥	٧,٤٩	٣,٢٣	٠,٠٠	٦,٦٠	٦,٣٩
أوائل يونيو	٠,٠٠	٦,٦٨	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٧,٦٦	٥,٤٨	٤,٧١	٧,٣٨	٤,٨٥	٣,٥٢	٧,٠٣	٦,٦٨
أواسط يونيو	٠,٠٠	٦,٨٤	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٧,٩٢	٦,٤٨	٦,٤١	٧,٥٦	٦,٥٥	٣,٦٠	٧,٢٠	٦,٨٤
أواخر يونيو	٠,٠٠	٦,٧٥	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٧,٨١	٦,٧٥	٧,٤٦	٧,٦٧	٧,٥٣	٤,١٢	٧,١٠	٦,٧٥
أوائل يوليو	٠,٠٠	٦,٦٥	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٧,٧٠	٦,٦٥	٧,٧٠	٧,٩١	٧,٧٠	٥,٢٥	٧,٠٠	٦,٦٥
أواسط يوليو	٠,٠٠	٦,٥٦	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٧,٥٩	٦,٥٦	٧,٥٩	٨,١٤	٧,٥٩	٦,٣٥	٦,٩٠	٦,٥٦
أواخر يوليو	٠,٠٠	٦,٣٧	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٧,١٧	٦,٣٧	٧,٣٧	٨,٠٤	٧,٣٧	٦,٧٠	٦,٢٣	٦,٣٧
أوائل أغسطس	٠,٠٠	٦,١٨	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٦,٢٤	٥,٧٩	٦,٥٧	٧,٨٠	٦,٣١	٦,٥٠	٤,٩٤	٦,١٨
أواسط أغسطس	٠,٠٠	٥,٩٩	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٥,١٠	٤,٦٠	٥,٠٤	٧,٥٦	٤,١٠	٦,٣٠	٣,٥٣	٥,٨٦
أواخر أغسطس	٠,٠٠	٥,٦٧	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٣,٩٤	٣,٢٢	٣,٢٢	٧,١٠	١,٥٥	٥,٨٥	٠,٠٠	٥,٣١
أوائل سبتمبر	٠,٠٠	٥,٣٥	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٨٢	٠,٠٠	١,٥٢	٦,٣٦	٠,٠٠	٤,٩٥	٠,٠٠	٤,٧٩
أواسط سبتمبر	٠,٠٠	٥,٠٤	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٥,٤٦	٠,٠٠	٣,٨٢	٠,٠٠	٤,٢٤
أواخر سبتمبر	٠,٠٠	٤,٦٨	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٤,٥٨	٠,٠٠	٢,٧١	٠,٠٠	٣,٧٥
أوائل أكتوبر	٠,٠٠	٤,٣٤	٢,٧٤	٢,٧٤	٢,٢٩	٠,٠٠	١,٦٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواسط أكتوبر	٠,٠٠	٣,٩٩	٢,٥٢	٢,٥٢	٢,١٠	٠,٠٠	١,٤٧	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواخر أكتوبر	٠,٠٠	٣,٦١	٢,٣٢	٢,٣٢	٢,١٣	٠,٠٠	١,٣٣	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أوائل نوفمبر	٠,٠٠	٣,٢٣	٢,٣١	٢,٣١	٢,٣٨	١,٧٠	١,١٩	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواسط نوفمبر	٠,٩٠	٢,٨٥	٢,٤٣	٢,٤٣	٢,٦٧	١,٥٠	١,١٤	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواخر نوفمبر	٠,٨٥	٢,٦٩	٢,٦٦	٢,٦٦	٢,٨٦	١,٥٠	١,٣٣	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أوائل ديسمبر	٠,٨٣	٢,٥٤	٢,٦٧	٢,٦٧	٢,٨٠	١,٧١	١,٥٨	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواسط ديسمبر	١,٠٠	٢,٣٨	٢,٥٠	٢,٥٠	٢,٦٣	١,٩٥	١,٧٥	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواخر ديسمبر	١,٤١	٢,٣١	٢,٤٣	٢,٤٣	٢,٥٥	٢,٢٤	١,٩٩	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠

النبات / في المدة الزمنية	خضر								
	كوسة	كوسة	خيار	بطيخ	طماطم	طماطم	طماطم	بطاطس	بطاطس
أوائل يناير	٠,٠٠	٢,١٣	٠,٠٠	٠,٠٠	١,٤٢	٠,٠٠	٢,٤٤	٠,٠٠	٢,٤٦
أواسط يناير	٠,٠٠	٢,٠٥	٠,٠٠	٠,٠٠	١,٣٨	٠,٠٠	١,٩٨	٠,٠٠	٢,٢٣
أواخر يناير	٠,٠٠	٢,٠٨	٠,٠٠	٠,٠٠	١,٦٠	٠,٠٠	١,٦٣	٠,٠٠	٢,١٣
أوائل فبراير	٠,٠٠	٢,٠٣	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٠٥	٠,٠٠	٠,٠٠	١,٦٢	١,٩٤
أواسط فبراير	٠,٠٠	١,٩٤	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٦١	٠,٠٠	٠,٠٠	١,٧٤	٠,٠٠
أواخر فبراير	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٣,٣٧	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٠٣	٠,٠٠
أوائل مارس	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٣,٩٦	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٦١	٠,٠٠
أواسط مارس	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٤,٤٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٣,٤٨	٠,٠٠
أواخر مارس	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٤,٩٥	٠,٠٠	٠,٠٠	٤,٥٠	٠,٠٠
أوائل إبريل	٣,٠٠	٠,٠٠	٣,٠٠	٢,٧٥	٥,٢٥	٠,٠٠	٠,٠٠	٥,٢٥	٠,٠٠
أواسط إبريل	٣,٣٠	٠,٠٠	٣,٣٠	٣,٠٣	٤,٩٥	٠,٠٠	٠,٠٠	٥,٧٨	٠,٠٠
أواخر إبريل	٣,٦٦	٠,٠٠	٣,٨٤	٣,٤٢	٤,١٣	٠,٠٠	٠,٠٠	٦,٢٠	٠,٠٠
أوائل مايو	٤,٣٥	٠,٠٠	٤,٧٣	٤,١٦	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٦,٦٢	٠,٠٠
أواسط مايو	٥,١٦	٠,٠٠	٥,٧٠	٥,٢٣	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٦,٧٠	٠,٠٠
أواخر مايو	٥,٩١	٠,٠٠	٦,١٨	٦,١١	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٦,٠٥	٠,٠٠
أوائل يونيو	٦,٣٣	٠,٠٠	٦,٣٣	٦,٦٨	٠,٠٠	٤,٢٢	٠,٠٠	٥,٣٤	٠,٠٠
أواسط يونيو	٦,٤٨	٠,٠٠	٦,٤٨	٦,٨٤	٠,٠٠	٤,٣٢	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواخر يونيو	٦,٣٩	٠,٠٠	٦,٣٢	٦,٧٥	٠,٠٠	٤,٥٤	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أوائل يوليو	٦,٣٠	٠,٠٠	٥,٧٤	٦,٥٨	٠,٠٠	٥,١٨	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواسط يوليو	٦,٠٠	٠,٠٠	٤,٧٦	٥,٩٣	٠,٠٠	٦,١٤	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواخر يوليو	٥,٤٣	٠,٠٠	٠,٠٠	٤,٦٩	٠,٠٠	٦,٩٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أوائل أغسطس	٤,٨٨	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٧,١٥	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواسط أغسطس	٤,٣٥	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٦,٩٣	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواخر أغسطس	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٦,٥٧	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أوائل سبتمبر	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٥,٨٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواسط سبتمبر	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٤,٥٦	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أواخر سبتمبر	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٣,٢٥	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
أوائل أكتوبر	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٧٤	٠,٠٠	٢,٧٤
أواسط أكتوبر	٠,٠٠	٢,٣١	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٥٢	٠,٠٠	٢,٥٢
أواخر أكتوبر	٠,٠٠	٢,٠٩	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٤٣	٠,٠٠	٢,٤٧
أوائل نوفمبر	٠,٠٠	١,٩٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٥٨	٠,٠٠	٢,٥٨
أواسط نوفمبر	٠,٠٠	١,٨٦	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٧٠	٠,٠٠	٢,٧٣
أواخر نوفمبر	٠,٠٠	٢,٠٤	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٩٤	٠,٠٠	٢,٨٩
أوائل ديسمبر	٠,٠٠	٢,١٩	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٩٤	٠,٠٠	٢,٨٠
أواسط ديسمبر	٠,٠٠	٢,٢٣	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٧٥	٠,٠٠	٢,٦٣
أواخر ديسمبر	٠,٠٠	٢,١٩	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٦٧	٠,٠٠	٢,٥٥

(٧-١٠ب) الاستهلاك المائي للمحاصيل في منطقة التحرير بالمم/يوم.

النبات / في المدة الزمنية	أشجار مستديمة الخضرة								
	مسطحات الغرس	تفاح	عنب	موز عمر عام	موز عمر عامين	موالح	مانجو	نخيل البلح	زيتون
أوائل يناير	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٦٥	١,٧٨	٢,١٣	٢,١٣	١,١٩
أواسط يناير	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٥٥	١,٧٣	٢,٠٧	٢,٠٧	١,١٥
أواخر يناير	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٧٥	١,٨٨	٢,٢٥	٢,٢٥	١,٢٥
أوائل فبراير	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	١,٨٩	٢,٠٣	٢,٤٣	٢,٤٣	١,٣٥
أواسط فبراير	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٠٣	٢,١٨	٢,٦١	٢,٦١	١,٤٥
أواخر فبراير	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٢٩	٢,٤٥	٢,٩٤	٢,٩٤	١,٦٤
أوائل مارس	٢,٠٠	٢,١٨	٠,٩١	١,٨٢	٢,٥٨	٢,٦٩	٣,٢٧	٣,٢٧	٢,٣٦
أواسط مارس	٢,٢٠	٢,٤٠	١,٠٠	٢,٠٠	٢,٩٦	٢,٩٢	٣,٦٠	٣,٦٠	٢,٦٠
أواخر مارس	٢,٦١	٢,٨٤	١,١٣	٢,٢٥	٣,٥١	٣,٢٤	٤,٠٥	٤,٠٥	٢,٩٣
أوائل إبريل	٣,١٥	٣,٤٠	١,٥٠	٢,٦٠	٤,٠٥	٣,٥٥	٤,٥٠	٤,٥٠	٣,٢٠
أواسط إبريل	٣,٧٤	٤,٠٢	٢,٠٤	٣,٠٨	٤,٦٨	٣,٨٥	٤,٩٥	٤,٩٥	٣,٣٦
أواخر إبريل	٤,٣١	٤,٦٠	٢,٦٠	٣,٤٨	٥,١٩	٤,٠٧	٥,٣١	٥,٣١	٣,٤٨
أوائل مايو	٤,٩١	٥,٢٣	٣,٢٨	٣,٩٧	٥,٧٣	٤,٢٨	٥,٦٧	٥,٦٧	٣,٥٩
أواسط مايو	٥,٥٦	٥,٩٠	٤,٠٢	٤,٤٩	٦,٣٧	٤,٤٩	٦,٠٣	٦,٠٣	٣,٦٩
أواخر مايو	٦,٠٥	٦,٣٩	٤,٦٠	٤,٨١	٦,٧٣	٤,٥٣	٦,١٨	٦,١٨	٣,٥٧
أوائل يونيو	٦,٣٣	٦,٦٨	٤,٩٢	٥,٢٠	٧,١٧	٤,٥٧	٦,٣٣	٦,٣٣	٣,٥٢
أواسط يونيو	٦,٤٨	٦,٨٤	٥,٠٤	٥,٦٢	٧,٥٦	٤,٦٨	٦,٤٨	٦,٤٨	٣,٤٦
أواخر يونيو	٦,٣٩	٦,٧٥	٤,٩٧	٥,٧٥	٧,٦٧	٤,٦٢	٦,٣٩	٦,٣٩	٣,٢٧
أوائل يوليو	٦,٣٠	٦,٦٥	٤,٩٠	٥,٩٥	٧,٨٤	٤,٥٥	٦,٣٠	٦,٣٠	٣,١٥
أواسط يوليو	٦,٢١	٦,٥٦	٤,٨٣	٦,١٤	٧,٩٤	٤,٤٩	٦,٢١	٦,٢١	٣,١١
أواخر يوليو	٦,٠٣	٦,٣٧	٤,٦٩	٦,١٦	٧,٩١	٤,٣٦	٦,٠٣	٦,٠٣	٣,٠٢
أوائل أغسطس	٥,٨٥	٦,١٨	٤,٤٢	٦,٢٤	٧,٨٠	٤,٢٣	٥,٨٥	٥,٨٥	٢,٩٣
أواسط أغسطس	٥,٦٧	٥,٩٩	٤,١٠	٦,٣٠	٧,٥٦	٤,١٠	٥,٦٧	٥,٦٧	٢,٨٤
أواخر أغسطس	٥,٣٧	٥,٦٧	٣,٧٠	٦,٢١	٧,١٦	٣,٨٨	٥,٣٧	٥,٣٧	٢,٦٩
أوائل سبتمبر	٥,٠٧	٥,٣٥	٣,٣٢	٦,٠٢	٦,٧٦	٣,٦٦	٥,٠٧	٥,٠٧	٢,٦٥
أواسط سبتمبر	٤,٧٧	٥,٠٤	٢,٩٧	٥,٨٨	٦,٣٦	٣,٤٥	٤,٧٧	٤,٧٧	٢,٦٠
أواخر سبتمبر	٤,٣٩	٤,٦٣	٢,٦١	٥,٦٢	٥,٩٢	٣,٢٠	٤,٤٤	٤,٤٤	٢,٥١
أوائل أكتوبر	٣,٩٣	٤,١٦	٢,٢٩	٥,٢٦	٥,٤٨	٢,٩٧	٤,١١	٤,١١	٢,٤٧
أواسط أكتوبر	٣,٤٤	٤,٠٧	١,٩٧	٤,٨٣	٥,٠٤	٢,٧٧	٣,٧٨	٣,٧٨	٢,٣٥
أواخر أكتوبر	٢,٩٦	٣,١٥	١,٦٧	٤,٣٧	٤,٥٦	٢,٥٥	٣,٤٢	٣,٤٢	٢,٢٠
أوائل نوفمبر	٢,٤٨	٢,٦٥	١,٣٩	٣,٨٨	٤,٠٥	٢,٢٨	٣,٠٦	٣,٠٦	٢,٠٧
أواسط نوفمبر	٢,٠٧	٣,٢٢	١,١٤	٣,٣٩	٣,٥٤	٢,٠٤	٢,٧٠	٢,٧٠	١,٨٩
أواخر نوفمبر	١,٨٤	١,٩٨	٠,٩٩	٣,٢٠	٣,٣١	١,٩٢	٢,٥٥	٢,٥٥	١,٨٤
أوائل ديسمبر	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٩٩	٣,١٠	١,٨٤	٢,٤٠	٢,٤٠	١,٣٤
أواسط ديسمبر	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٧٨	٢,٨٨	١,٧٣	٢,٢٥	٢,٢٥	١,٢٥
أواخر ديسمبر	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٢,٦٧	٢,٧٧	١,٧٠	٢,١٩	٢,١٩	١,٢٢

الأستهلاك المائي للموز: تحتل مساحة الأوراق للنبات الواحد في الموز مساحة كبيرة تصل الي ١٠ – ١٥ م٢ حيث تصل مساحة الورقة الواحدة الي ١,٥ م٢ وهذا القدر الهائل من المساحة يفقد الكثير من المياه عن طريق البخر من الثغرات علاوة علي أن نسبة الأستنفاذ المسموح بها لا تتعدي ٣٠% ولهذا السبب يروي الموز في الأراضي الرملية بالتنقيط يوميا أو مرتين في اليوم وبالتالي تفقد كميات كبيرة من المياه تحت منطقة الجذور وذلك للمحافظة علي نسبة الأستنفاذ الصغيرة. وعلي ذلك يلاحظ القارئ أن ما تقوم به بعض المزراع في برامج الري يفوق الأحتياجات المائية الفعلية للموز ويساعد علي ذلك سرعة نفاذية المياه في التربة الرملية فلا يشعر أحد بهذه الزيادة لذلك سوف نعرض هنا برنامجين للري تتبناهم بعض المزارع ويجب أن ننوه هنا بأن هذه الكميات تزيد عن حاجة النبات وهذا هو السبب الذي جعلنا نطلق علي الموز " أرز الصحراء " فحينما يضاف ٨٠ م٣ / فدان يوم للموز في التنقيط فهذا يعني ضعف ما يضاف في الري بالغمر. فعادة يزرع الموز عل مسافات ٣ × ٣,٥ متر ويخدم الصف خطين تنقيط ذات نقاطات داخلية تصرف ٤ لتر/ساعة وعلي مسافات ٥٠ سم بين النقاطات وبذلك يخدم النبات (أو ٢ نبات في السنة الثانية) ١٢ نقاط × ٤ لتر/س = ٤٨ لتر/س ويتم الري لمدة ٤ ساعات في اليوم وقت أقصي الأحتياجات أي ١٩٢ لتر/يوم أي حولي ٧٦,٨ م٣ /فدان يوم.

ويلاحظ أن البرنامجين مختلفين تماما مما يدل علي عدم أستنادهم علي قواعد علمية ثابتة

ويمكن كما سبق تحويل الأرقام من مم/يوم الي م٣/فدان يوم بالضرب في ٤,٢

البرامج التي تتبعها بعض المزارع في ري الموز

الشهر	البرنامج الأول مم/يوم	البرنامج الثاني مم /يوم
يناير	6	7
فبراير	4.8	7
مارس	6	9.5
أبريل	8.3	11.9
مايو	10.7	14.2
يونيو	13	16.6
يوليو	13	16.6
أغسطس	13	16.6
سبتمبر	10.7	14.2
أكتوبر	8.3	11.9
نوفمبر	7	11.9
ديسمبر	6	9.5

الأستهلاك المائـي للحدائـق والمسـطحات الخضـراء: لـم تحـتل الحـائق والمسطحات الخضراء الأهتمام الكافي في حساب الأحتياجات المائية لذلك سوف نكتفي هنا بالجدول (٧-١١) وهو يعطي كميات مياه الري باللتر لكل م٢ من مساحة الأرض وذلك للمسطحات الخضراء أما الأشجار فتحسب باللتر/يوم علي أساس قطر المساحة المظللة بالمتر ومعامل محصول يساوي الواحد الصحيح وخلاف ذلك نقوم بضرب الرقم المتحصل عليه فى معامل المحصول المعطي أسفل الجدول. مع ملاحظة أننا أفترضنا كفاءة نظام الري تساوي ٨٥%.

جدول (٧-١١) كميات مياه الري لتر لكل م٢ من مساحة الأرض للمسطحات الخضراء وباللتر/يوم للأشجار مع فرض معامل محصول يساوي الواحد الصحيح وكفاءة نظام الري تساوي ٨٥%.

Etomm/d	Liter required per day per plant (LPD) كمية مياه الري اللازمة للشجرة لتر/يوم — Kc = 1.0 Irrigation Efficiency = 85 % — قطر المساحة المظللة للشجرة بالمتر (قطر الغطاء النباتي) Plant Canopy Diameter, m									المسطح الأخضر لتر/ متر مربع
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	
2.0	0.7	3.0	6.7	12.0	18.7	27.0	36.7	48.0	60.7	74.9	2.4
2.5	0.9	3.7	8.4	15.0	23.4	33.7	45.9	59.9	75.9	93.7	2.9
3.0	1.1	4.5	10.1	18.0	28.1	40.5	55.1	71.9	91.0	112.4	3.5
3.5	1.3	5.2	11.8	21.0	32.8	47.2	64.3	83.9	106.2	131.1	4.1
4.0	1.5	6.0	13.5	24.0	37.5	54.0	73.4	95.9	121.4	149.9	4.7
4.5	1.7	6.7	15.2	27.0	42.2	60.7	82.6	107.9	136.6	168.6	5.3
5.0	1.9	7.5	16.9	30.0	46.8	67.4	91.8	119.9	151.7	187.3	5.9
5.5	2.1	8.2	18.5	33.0	51.5	74.2	101.0	131.9	166.9	206.1	6.5
6.0	2.2	9.0	20.2	36.0	56.2	80.9	110.2	143.9	182.1	224.8	7.1
6.6	2.5	9.9	22.3	39.6	61.8	89.0	121.2	158.3	200.3	247.3	7.8
7.0	2.6	10.5	23.6	42.0	65.6	94.4	128.5	167.9	212.4	262.3	8.2
7.5	2.8	11.2	25.3	45.0	70.3	101.2	137.7	179.8	227.6	281.0	8.8
8.0	3.0	12.0	27.0	48.0	74.9	107.9	146.9	191.8	242.8	299.7	9.4
8.5	3.2	12.7	28.7	51.0	79.6	114.6	156.1	203.8	258.0	318.5	10.0
9.0	3.4	13.5	30.3	54.0	84.3	121.4	165.2	215.8	273.1	337.2	10.6
9.5	3.6	14.2	32.0	57.0	89.0	128.1	174.4	227.8	288.3	355.9	11.2
10.0	3.7	15.0	33.7	59.9	93.7	134.9	183.6	239.8	303.5	374.7	11.8

Kc = 1.0 for small shrubs (under 1.2 m diam.), Groundcover, Evergreens and Vines.
Kc = 0.8 for Mature Shade Trees To obtain LPD for Kc =0.8 Multiply LPD for KC =1 by 0.8
Kc = 0.7 for Shrubs (0ver 1.2 m diam). To obtain LPD for Kc =0.7 Multiply LPD for KC =1 by 0.7
Kc = 0.4 for Established Plants. To obtain LPD for Kc =04 Multiply LPD for KC =1 by 0.40

ثالثا: المعمل المركزى للمناخ

Central Laboratory for Agricultural Climate (CLAC)

قامت وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي حديثا بإنشاء المعمل المركزي للمناخ الذي بدوره قام بأنشاء محطات أرصاد زراعية في مختلف مناطق مصر تنتقل منها البيانات بالكمبيوتر عبر خطوط التليفونات أوتوماتيكيا. وقام المعمل بإنشاء موقع علي الإنترنت وعنوانه www.clac.edu.eg لتقديم خدمة المعلومات المناخية الزراعية من ضمنها البخر نتح القياسي محسوبا بمعادلة بنمان – مونتيس وكذلك الاستهلاك المائي لعدد محدود من المحاصيل حيث أن البيانات المتوافرة لازالت في بداية مراحلها. ونعرض منها بيانات منطقة توشكي بالجدول (٧-١٢) ويجب التنويه هنا أن بيانات منطقة توشكي بيانات حديثة وليست لمتوسطات كما هو الحال في المحطات الـ ٢٨ السابق الحديث عنها. حيث أن البيانات التاريخية Historical data يجب أن تكون علي الأقل لعشرة سنوات.

جدول (٧-١٢) بيانات منطقة توشكي (المصدر المعمل المركزي للمناخ CLAC).

الشهر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
Eto mm/day	6.1	7	7.5	7.9	8.3	9.1	8.8	8.5	7.2	6	5.9	5.5

٨

جدولة الري

Irrigation Scheduling

يتزايد الطلب على موارد المياه المحدودة limited water resources باستمرار سواء فى الوقت الحالى أو فى المستقبل وذلك لزيادة الطلب لتوفير الغذاء والكساء للزيادة السكانية expanding population مما يستدعى تحسين كل من كفاءات الرى irrigation efficiencies وإنتاجية المحاصيل فى الزراعة المروية Irrigated Agriculture. تعد جدولة الرى irrigation scheduling من أهم العناصر فى تحسين كفاءة استعمال المياه water use efficiency إن جدولة الرى تتطلب حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل المنزرعة وبيانات عن التربة مع الاستعانة بأجهزة استشعار حالة الرطوبة فى كل من التربة والنبات plant and soil water sensor. وقد قطعت الأبحاث شوطاً كبيراً فى طرق تقدير البخر نتح Evapotranspiration مما يمكننا من حسابه بدقة من بيانات الأرصاد الجوية.

وقد قام جنسن (1981) Jensen بتعريف جدولة الرى بأنها عملية التخطيط planning واتخاذ القرار decision - making التى يقوم بها مدير المزرعة أو القائم على تشغيل نظام الرى قبل وأثناء موسم نمو المحصول الذى يقوم بزراعته. وهذا التعريف الأساسى هو المفهوم حتى يومنا هذا. ولاتخاذ القرار فى جدولة الرى نحتاج إلى أربعة أنواع من البيانات هى:-

١ ـ مستوى الرطوبة الأرضية الحالى والتغير المتوقع فيه على مدى خمسة أو عشرة أيام قادمة

٢ ـ التقدير الحالى لميعاد الرية القادمة next irrigation لتجنب تأثير الإجهاد أو الشد الرطوبى water stress على المحصول وكذلك ميعاد الرية القادمة والتى تحقق أعلى كفاءة رى.

٣ ـ كمية المياه المطلوب إضافتها للحقل والتى تحقق أعلى كفاءة رى.

٤ ـ معلومات عن تأثير إضافة مياه الرى قبل ميعاده المحدد أو بعدة أو حتى تأثير إضافة كمية تقل أو تزيد عن كمية المياه المحسوبة.

ومن المعلومات أو البيانات المساعدة فى عملية جدولة الرى هى سعر المياه water costs سعة مصدر المياه water supply capacity، مستوى ملوحة التربة soil salinity.

وعملية جدولة الرى فى حد ذاتها ببساطة هى تحديد متى تتم عملية الرى وكمية المياه المطلوب إضافتها Determining when and how much water to apply ولكى نصل إلى ذلك فإن عملية جدولة الرى تحتاج إلى معلومات خارج نطاق المياه والتربة مثل توافر العمالة والحصاد والعمليات الزراعية وصيانة وإصلاح أجهزة الرى فكل هذه العوامل قد تتدخل لتعديل جدولة الرى.

ومعظم البرامج التى توضع لجدولة الرى تقوم بالتركيز على نظام واحد من النظم الآتية:

- الاتزان المائى water balance
- الشد الرطوبى للتربة soil water tension
- رطوبة التربة soil water content
- جهد رطوبة الاوراق leaf water potential
- درجة حرارة الغطاء النباتى Canopy temperature

دون تفاعل العوامل الأخرى المؤثرة فى التربة والمياه والمحصول والعوامل الجوية ـ وهذه تتطلب نظام معلومات وتحليل بيانات كما هو موضح بالشكل (٨-١) الذى يوضح دورة إدارة الرى. Irrigation Management cycle

تأثير جدولة الرى على ترشيد استخدام المياه

تعمل جدولة الرى على تقليل المياه المستعملة فى الرى عن طريق:

١ ـ تقليل الجريان السطحى runoff سواء الناتج عن الرى أو الأمطار.

٢ ـ تقليل التسرب العميق تحت منطقة الجذور والذى يزيد عن الاحتياجات الغسيلية المطلوبة للمحافظة على مستوى ملحى معين فى منطقة الجذور ومنع تراكم الأملاح.

٣ ـ تقليل البخر من سطح التربة بعد الرى أو التحكم فى نسبة استنفاذ رطوبة التربة soil water depletion بطريقة تقلل من الاستهلاك المائى للمحصول خلال مراحل النمو غير الحرجة أو غير الحساسة للمياه non - sensitive crop growth stages. وعلى النقيض قد تزيد جدولة الرى

الأرصاد الجوية
خواص التربة
خصائص المحصول
نظام الرى
نظام الجدولة
فروض وتنبؤات
الاقتصاديات
الأمثلة
دمج
استرجاع البيانات
خطة إدارة الرى
الحقل
العمالة
الطاقة
المياه
العمليات الزراعية

شكل (٨-١) دورة إدارة الري

من المياه المستعملة فى بعض الحالات مع زيادة مقابلة لإنتاج المحصول وذلك بتجنب نقص المياه فى المراحل الحرجة للنمو والتى تسبب نقص فى المحصول، أو عن طريق إضافة الأسمدة مع مياه الرى فى أوقات معينة لنمو المحصول للحصول على إنتاجية مثلى.

جدولة الرى هى محاولة للمحافظة على رطوبة التربة فوق مستوى حرج " Critical " حيث يسبب الانخفاض عن هذا المستوى نقصاً فى المحصول وكذلك الحفاظ على رطوبة التربة أقل من مستوى معين threshold حيث أن زيادة الرطوبة عن هذا الحد تؤدى إلى زيادة الجريان السطحى runoff عند هطول الأمطار (تقليل استيعاب سطح التربة للأمطار) أو زيادة التسرب العميق عن الحد المطلوب لغسيل الأملاح من منطقة الجذور والفرق بين الحد

الأعلى للرطوبة والحد الأدنى هو المطلوب تعويض عند عملية الرى ويجب ألا يقل عن الاستهلاك المائى اليومى للمحصول لأن ذلك يستوجب تعويض الاستهلاك المائى للمحصول يومياً ويكون الحد الأعلى والأدنى للرطوبة فى هذه الحالة غير مفيد من الناحية العملية ويحدث ذلك فى الأرض الرملية الخشنة فى حالة المحاصيل الصيفية ذات الجذور السطحية وخاصة عند فترة أقصى الاحتياجات المائية. أن الهدف من جدولة الرى وإدارة الرى عادة هو الحصول على أقصى نتح Transpirationمن المحصول حيث أن النتح يصاحبه إنتاج المادة الجافة dry matter production وبالتالى الحصول على إنتاج اقتصادى من المياه المتاحة فإذا تم جدولة الرى للحصول على أقصى نتح من المياه المتاحة تحت مراعاة المحددات الاقتصادية economic constraints فإن ذلك يحقق الحصول على أقصى استعمال للمياه water use efficiency وتعرف كفاءة استعمال المياه على أنها كمية المحصول لوحدة المياه وقد تكون هذه المياه هى الاستهلاك المائى النظرى أو قد تكون النتح فقط.

علاقات الماء بالتربة والنبات Soil-Plant-Water Relationships

في عملية الري نقوم بإضافة المياه للتربة وتقوم التربة بتزويد النبات بهذا الماء ولهذا تعتبر التربة هى المستودع أو المخزن لمياه الرى التى يستهلكها النبات وعلى ذلك يتضح أهمية دراسة خواص التربة الطبيعية المتعلقة بتخزين المياه وتسربها داخل التربة. ويمكن تلخيص العوامل الهامة التي تؤثر في تخطيط وإدارة نظام الري بكفاءة والخاصة بعلاقات الماء بالتربة والنبات فيما يلي:

١- السعة التخزينية للتربة — Water holding capacity

٢- معدل تسرب (نفاذية) المياه في التربة — Water intake or infiltration rate

٣- المجموع الجذري للمحصول — Root system of crop

٤- الاستهلاك المائي للمحصول — Amount of water that crop uses

الخواص الطبيعية للتربة: Physical Properties of soils

هناك ثلاثة أسئلة مهمة تتعلق بالري هي:

١- متى تتم عملية الري — When to irrigate?

٢- كمية المياه المستخدمة في الري — How much water to apply?

٣- طريقة إضافة مياه الري — Method of application

كل هذه الأسئلة متعلقة مباشرة بكل من النبات والخواص الطبيعية للتربة

تأثير نوع التربة على السعة التخزينية

Different types of soil hold different amounts of moisture

١- تعتمد السعة التخزينية للتربة Water holding capacity أساسا على قوام التربة Soil texture.

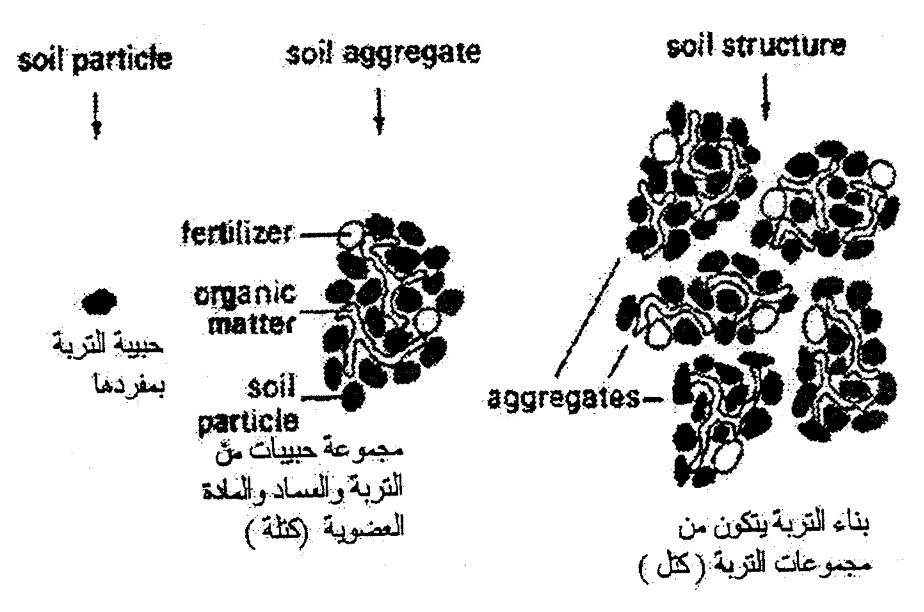
٢- قوام التربة: يحدد قوام التربة بنسبة الرمل والسلت والطين الذي تتكون منه التربة وعلى ذلك لا يمكن تعديل قوام التربة إلا بتغير مكوناتها.

وأقطار حسات التربة تقسم كما يلي:

رمل	Sand	٢,٠ – ٠,٠٥مم
سلت	Silt	٠,٠٥ – ٠,٠٠٢مم
طين	Clay	أقل من ٠,٠٠٢

٣- بناء التربة Soil structure: يحدد بناء التربة طريقة ترتيب حبيباتها مع بعضها فى مجاميع aggregates وعلى ذلك يمكن تعديل بناء التربة على عكس قوامها وذلك بتحسين بناءها أو هدمها.

ويؤثر بناء التربة على معدل تسرب المياه Infiltration وحركتها به Water movement.



Soil Structure بناء لتربة

رطوبة التربة Soil Water

يوجد عدة مصطلحات للإشارة إلى مستويات الرطوبة بالتربة. ويعبر عن مستوى الرطوبة بالتربة بالنسبة المئوية لوزن الماء بالتربة إلى وزن التربة الجافة كما يلى:

١- **التشبع Saturation**: وهو نسبة الرطوبة بالتربة عند امتلاء كل مسامها بالماء θ_s ويحدث ذلك عند غمر التربة بالماء فتمتلئ الفراغات داخل التربة بالماء الذى يحل محل الهواء الموجود بالفراغات. ويبلغ الشد الرطوبى صفرا عند التشبع

٢- **السعة الحقلية Field Capacity (F.C)**: وهى نسبة الرطوبة بالتربة بعد نزوح مياه الجاذبية منها ويمكن الوصول بالتربة للسعة الحقلية بعد انتهاء ريها بالغمر بمدة ١-٣ أيام في الأرض الطينية وحوالي ٦ ساعات فـي الأرض الرملية الخشنة. ويمكن تعريف السعة الحقلية على أنها المحتوى الرطوبى عند شد رطوبى يتراوح بين ٠,١ بار إلى ٠,٣ بار وذلك للأراضي الخشنة والناعمة القوام على الترتيب. وفى الأراضي الخشنة يبلغ المحتوى الرطوبى عند التشبع ثلاثة أمثال المحتوى الرطوبى عند السعة الحقلية على أساس الوزن أما فى الأراضى الناعمة القوام فيبلغ المحتوى الرطوبى عند التشبع ضعف المحتوى الرطوبى عند السعة الحقلية وذلك من الناحية العملية والتطبيقية..

فبعد انتهاء الري تبدأ المياه في الفراغات الكبيرة بالتربة في النزوح لأسفل بالجاذبية. ويعرف الماء الذي يتحرك لأسفل بالجاذبية بالماء الحر أو ماء الجاذبية Gravitational water ويستمر ماء الجاذبية في النزوح إلى أن يصل الشد الرطوبى في التربة إلى ٠,٣ ضغط جوى في التربة

الطينية إلى ٠,١ ضغط جوى في التربة الرملية (١ضغط جوى = ١ كجم/ سم^2 = ١ بار = ١٠ متر ماء = ٠,١ ميجا باسكال = ١٤,٧ باوند/ البوصة المربعة = ٧٦ سم زئبق).

٣- **نقطة الذبول الدائمة Permanent Wilting Point (P.W.P)** وهى عبارة عن المحتوى الرطوبى بالتربة عندما يستنفذ النبات كل الرطوبة التي يستطيع أن يستخلصها حتى يذبل ويتبقى جزء من الرطوبة بالتربة ممسوك بقوة على حبيبات التربة لا تستطيع جذور النبات امتصاصها. وتؤخذ قيمة المحتوى الرطوبى عند شد رطوبى ١٥ بار على أنها نقطة الذبول المستديم أو الدائم Permanent Wilting point (PWP) وتقدر نقطة الذبول بيولوجيا باستخدام شتلات عباد الشمس بأخذ قيمة المحتوى الرطوبى للتربة عندما يتم ذبول الاوراق السفلية للنبات ويمكن أخذ المحتوى الرطوبى للتربة على أساس الوزن عند السعة الحقلية يساوى ضعف المحتوى الرطوبى على أساس الوزن عند نقطة الذبول المستديم من الناحية العملية والتطبيقية.

- مستويات الرطوبة السابقة تتأثر تأثيرا كبيرا بقوام التربة.

وهناك تقسيم مقابل لهذا التصنيف لحالات الرطوبة بالتربة كما يلى:

الماء الهيجروسكوبى Hygroscopic Water: وهو الماء الممسوك على حبيبات التربة ولا يمكن إزالته بواسطة قوى الجاذبية gravity أو القوى الشعرية capillarity ولكن يزال بالتجفيف داخل الفرن. يعتمد الماء الهيجروسكوبى على المساحة السطحية لحبيبات التربة. المساحة السطحية للتربة الطينية أكبر بآلاف المرات من المساحة السطحية للتربة الرملية. ولهذا السبب فإن نقطة الذبول الدائمة للتربة الطينية أعلى منها في التربة الرملية.

saturation

field capacity

ماء water

soil particle حبيبات التربة

air هواء

a) التربة عند التشبع

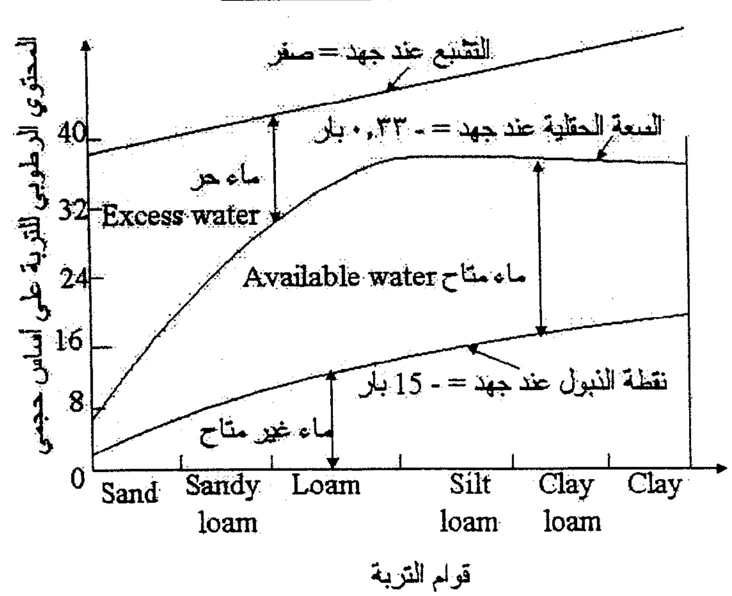
b) التربة عند السعة الحقلية

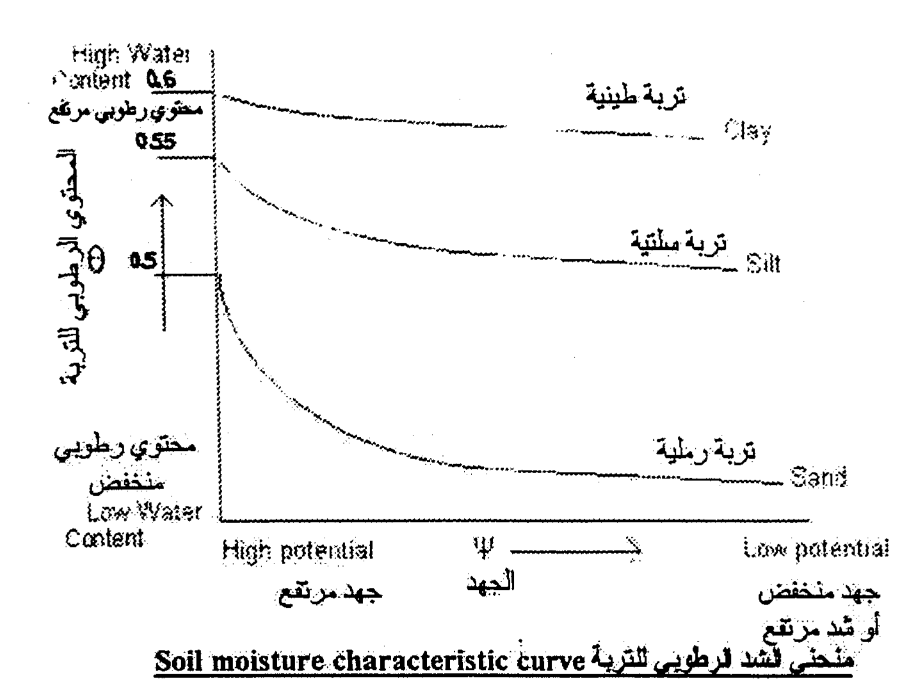
permanent wilting point

c) التربة عند نقطة الذبول

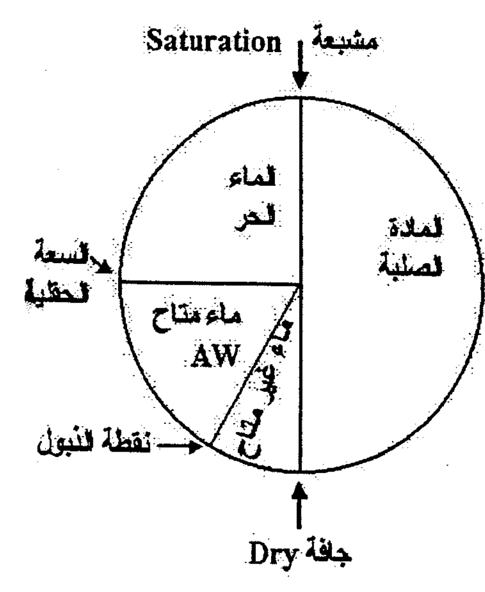
الشكل يوضح الحالات المختلفة لرطوبة التربة

الخواص المائية لأنواع التربة المختلفة



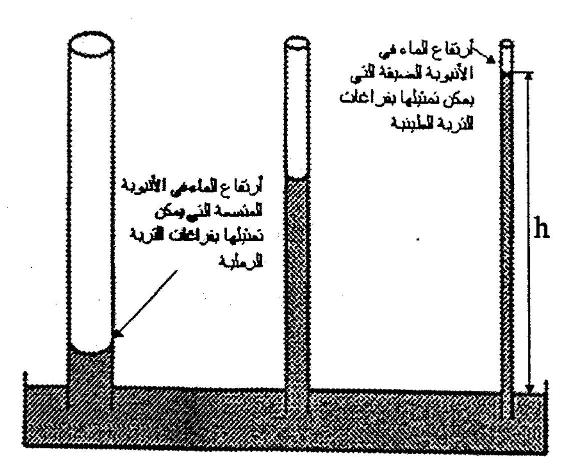


Soil moisture characteristic curve منحنى الشد الرطوبي للتربة



يوضح الشكل أن نصف حجم التربة تقريبا عبارة عن مادة صلبة والنصف الأخر فراغات وعندما تمتلئ الفراغات بالماء فأن التربة تكون مشبعة وعندما تفقد التربة الماء وتمتلئ الفراغات بالهواء فأن التربة تكون جافة، وأن حوالي نصف ماء التشبع ينزح لأسفل بالجاذبية (الماء الحر) ويحل محله الهواء والنصف الأخر ينقسم الى جزئين جزء متاح للنبات وجزء أخر غير متاح للنبات.

١- **الماء الشعري capillary water:** هو ذلك الماء الممسوك ضد الجاذبية بالقوى الشعرية والذي يزيد عن الماء الهيجروسكوبى بالتربة وهذا الماء يوجد فى الفراغات الشعرية. يعتمد الماء الشعري على حجم الفراعات بين حبيبات التربة. فكلما قل حجم هذه الفراغات زاد الماء الشعري بالتربة وعلى ذلك فالتربة الثقيلة (الطينية) يكون الماء الشعري بها أكبر من التربة الخفيفة (الرملية).



$$h = \frac{2\,T\cos\alpha}{r\,g\,S_w}$$

h = height of capillary rise
T = surface tension, g/sec²
Wetting angle
r = Radius of a pore, an
g = Gravity, cm/ sec²
S_w = Density of water, g/ cm³

الشكل يوضح الخاصية الشعرية حيث يزداد أرتفاع الماء كلما قل قطر الأنبوبة ويمثل قطر الأنبوبة حجم الفراغات في التربة حيث يقل قطر الفراغات في التربة الطينية الثقيلة عن التربة الرملية مما ينتج عنه أرتفاع أكبر للماء الشعري في التربة الطينية عن التربة الرملية حيث الفراغات المتسعة.

توضيح أرتفاع الماء بالخاصية الشعرية

ولأيجاد أرتفاع الماء الشعري h(سم) نفترض أن زاوية التلامس α تساوي صفر والتوتر السطحى T للماء ٧٣ جرام/ ثانية² وبالتعويض في المعادلة السابقة نصل الي:

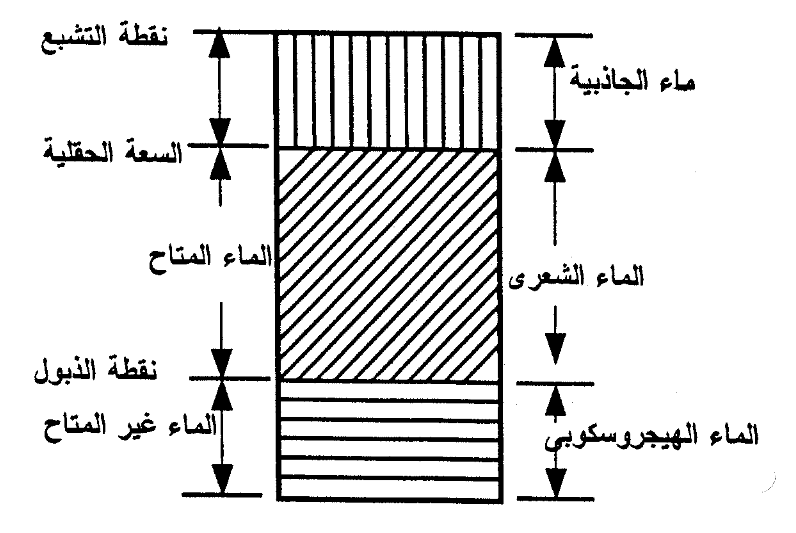
$$h = \frac{2 \times 73 \times \cos 0}{1\, g/cm^3 \times 980\, cm/s^2 \times r} = \frac{0.15}{r}\ cm$$

وعلي أساس أن التربة عبارة عن مجموعة من الأنابيب الشعرية فأنه يمكن أستنتاج أرتفاع الماء الشعري حسب قوام التربة كما يلي:

قوام التربة	أرتفاع الماء الشعري (سم)
سلتية ناعمة Fine Silt	٧٥٠
سلتية خشنة Coarse Silt	٣٠٠
ناعمة جدا Very Fine	١٠٠
رمل ناعم Fine Sand	٥٠
رمل متوسط Medium Sand	٢٥

٢- **ماء الجاذبية Gravitational water :** وهو الماء الزائد عن الماء الهيجروسكوبى والماء الشعري والموجود في الفراغات الكبيرة والذي ينزح لأسفل بالجاذبية.

ويمكن تمثيل تقسيم الرطوبة الأرضية في كلا التصنيفين بالرسم التخطيط التالي:



معادلات الخواص المائية للتربة:

من الرسم المقابل يمكن تعريف الرموز الاتية:

V_a: حجم الهواء في التربة

V_w: حجم الماء في التربة

V_s: حجم الحبيبات الصلبة

V_p: حجم المسام أو الفراغات في التربة

V_b: الحجم الكلى أو الظاهري للتربة $V_b = V_t$

M_a: وزن الهواء في التربة وهو يساوى صفر تقريبا

M_w: وزن الماء أو الرطوبة الموجودة في التربة

M_s: وزن الحبيبات الصلبة أو الوزن الجاف تماما

M_t: الوزن الكلى للتربة أي وزن الرطوبة والوزن الجاف

و من التعريفات السابقة يمكن تعريف كل من المحتوى الرطوبى للتربة على أساس الوزن أو الكتلة θ_m والمحتوى الرطوبى للتربة على أساس الحجم θ_v والكثافة الظاهرية للتربة ρ_b ومسامية التربة N كما هو موضح فى المعادلات المقابلة:

$$\theta_m = \frac{M_w}{M_s}$$

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_b}$$

$$\rho_b = \frac{M_s}{V_b}$$

$$N = \frac{V_p}{V_b} = \frac{V_b - V_s}{V_b} = 1 - \frac{V_s}{V_b}$$

$$N = 1 - \frac{M_s / \rho_s}{M_s / \rho_b} = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}$$

حيث ρ_s : كثافة الحبيبات الصلبة للتربة وهى تساوى ٢,٦٥

جرام / سم^{3} ويطلق عليها الكثافة الحقيقية للتربة ويمكن تعريف الكثافة النسبية Apparent specific gravity (γ_b) بأنها تساوى الكثافة الظاهرية للتربة منسوبة إلى كثافة الماء وحيث أن كثافة الماء ρ_w تساوى ١ جم / سم^{3} فإن الكثافة النسبية للتربة تساوى عدديا الكثافة الظاهرية ولكن بدون وحدات. فمثلا إذا فرضت كثافة التربة ١,٦٥ فإننا نقصد الكثافة النسبية حيث لم نذكر وحدات أما إذا قلنا أن كثافة التربة ١,٦٥ جم/سم^{3} فإننا نقصد الكثافة الظاهرية حيث أننا ذكرنا الوحدات.

ويمكن تحويل كل من المحتوى الرطوبى للتربة على أساس وزنى إلى محتوى رطوبى للتربة على أساس حجمى حسب المعادلة الاتية:

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_b} = \frac{M_w / \rho_w}{M_s / \rho_b}$$

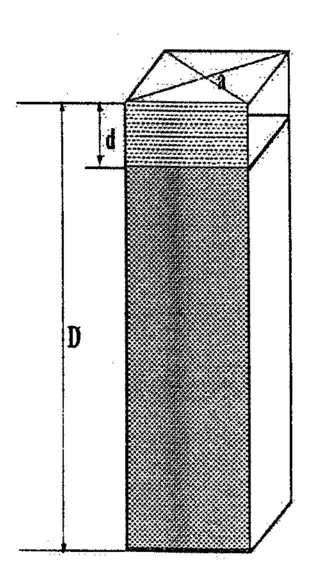
$$\theta_v = \theta_m \left(\frac{\rho_b}{\rho_w} \right) = \theta_m \cdot \gamma_b$$

ومن المعادلة السابقة يمكن استنتاج الآتي:

$$V_w = \theta_m \cdot \gamma_b \cdot V_b$$

أي أن حجم الماء الموجود في قطاع التربة = المحتوى الرطوبى على أساس الوزن × الكثافة النسبية للتربة × الحجم الظاهرى للتربة.

ويمكن تجسيد هذه العلاقة بالرسم التخطيطي المقابل



$$V_b = a.D$$

$$V_w = a.d$$

حيث a: مساحة المقطع

وبالتعويض في المعادلة السابقة

$$a.d = \theta_m \cdot \gamma_b . a.D$$

$$d = \theta_m \cdot \gamma_b . D$$

وتنص المعادلة السابقة على أن

عمق الماء في قطاع التربة =المحتوى الرطوبى على أساس وزنى × الكثافة النسبية × عمق القطاع

والجدول (٨-١) يوضح الصفات الطبيعية لبعض الأراضي مقسمة حسب قوامها.

وإليك بعض الأمثلة البسيطة التى توضح حسابات المياه فى التربة

مثال ١: علبة رطوبة وزنها ١٠ جرام وضعت بها عينة تربة فكان وزن التربة بالعلبة ٥١٠ جرام وتم وزن العلبة بعد وضعها فى الفرن على درجة حرارة ١٠٥ م° لمدة ٢٤ ساعة فكان وزن العلبة بالتربة الجافة يساوى ٤١٠ جرام وكانت كثافة التربة الظاهرية ١,٣ جرام/ سم^{3} وكثافة المياه ١جم/ سم^{3} وعمق التربة ١ متر. أوجد المحتوى الرطوبى للتربة على أساس وزنى ثم على أساس حجمي ثم عمق الماء بالتربة.

جدول (٨-١) الخواص الطبيعية للتربة:

قوام التربة	معدل التسرب مم/ ساعة	المسامية %	الكثافة النسبية	السعة الحقلية % حجمية	نقطة الذبول % حجمية	المتاح % حجمية	الماء المتاح مم / متر
رمل sand	٥٠ (٢٥-٢٥٠)	٣٨ (٣٢-٤٢)	١,٦٥ (١,٥٥-١,٨)	١٥ (١٠-٢٠)	٧ (٣-١٠)	٨ (٦-١٠)	٨٠ (٦٠-١٠٠)
رملية لومية loam	٢٥ (١٣-٧٦)	٤٣ (٤٠-٤٧)	١,٥ (١,٤-١,٦)	٢١ (١٥-٢٧)	٩ (٦-١٢)	١٢ (٩-١٥)	١٢٠ (٩٠-١٥٠)
لومية loam	١٣ (٨-٢٠)	٤٧ (٤٣-٤٩)	١,٤ (١,٣٥-١,٥)	٣١ (٢٥-[illegible])	١٤ (١١-١٧)	١٧ (١٤-٢٠)	١٧٠ (١٤٠-٢٠٠)
طينية لومية clay loam	٨ (٢,٥-١٥)	٤٩ (٤٧-٥١)	١,٣٥ (١,٣-١,٤)	٣٦ (٣١-٤٢)	١٨ (١٥-٢٠)	١٩ (١٦-٢٢)	١٩٠ (١٦٠-٢٢٠)
سلتية طينية silty clay	٢,٥ (٠,٣-٥)	٥١ (٤٩-٥٣)	١,٣ (١,٣-١,٤)	٤٠ (٣٥-٤٥)	٢٠ (١٧-٢٢)	٢٠ (١٨-٢٣)	٢٠٠ (١٨٠-٢٣٠)
طينية Clay	٠,٥ (٠,١-١)	٥٣ (٥١-٥٥)	١,٢٥ (١,٢-١,٣)	٤٤ (٣٩-٤٩)	٢١ (١٩-٢٤)	٢٣ (٢٠-٢٥)	٢٣٠ (٢٠٠-٢٥٠)

الحل: المحتوى الرطوبى على أساس وزنى =

$$\frac{\text{وزن التربة الرطبة بالعلبة – وزن التربة الجافة بالعلبة}}{\text{وزن التربة الجافة بالعلبة – وزن العلبة}} \times ١٠٠$$

$$= \frac{٥١٠ - ٤١٠}{٤١٠ - ١٠} \times ١٠٠ = ٢٥\%$$

المحتوى الرطوبى على أساس حجمي = رطوبة التربة على أساس وزنى % × كثافة التربة

$$= ٢٥\% \times ١,٣ = ٣٢,٥\%$$

عمق الماء الموجود بالتربة (مم/ متر)= ٣٢,٥ × ١٠ = ٣٢٥مم.

مثال : أخذت عينة تربة من الحقل حجمها ١٠٠ سم٣ وكان وزنها ١٧٤ جرام. وكان وزنها بعد تجفيفها فى الفرن ١٥٥ جرام. مع فرض أن كثافة الماء ١ جم/سم٣ وكثافة التربة الصلبة ٢,٦٥ جم/سم٣ أحسب: المحتوى الرطوبى للتربة على أساس وزنى ثم على أساس حجمى – مسامية التربة – المسامية الهوائية Air filled porosity, N_a

الحل

$$\theta_m = \frac{M_w}{M_s} = \frac{174g - 155g}{155g} = \frac{19g}{155g} = 0.123 = 12.3\%$$

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_b} = \frac{19g/\left(1.0g/cm^3\right)}{100cm^3} = 0.19 = 19.0\%$$

$$\rho_b = \frac{155g}{100cm^3} = 1.55g/cm^3$$

$$V_s = \frac{M_s}{\rho_s} = \frac{155g}{2.65g/cm^3} = 58.5cm^3$$

$$V_s = V_b - V_w - V_s = 100.0 - 19.0 - 58.5 = 22.5cm^3$$

$$N = \frac{V_p}{V_b} = \frac{V_w + V_s}{V_b}$$

$$N = \frac{19.0cm^3 + 22.5cm^3}{100.0cm^3} = 0.415 = 41.5\%$$

$$N_a = \frac{V_a}{V_b} = \frac{22.5cm^3}{100.0cm^3} = 0.225 = 22.5\%$$

عمق الماء المتاح Available Water AW

يعرف عمق الماء المتاح في قطاع التربة بأنه الجزء من الرطوبة الأرضية الواقعة بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم وقد يعبر عنه كنسبة مئوية للحجم من المعادلة السابقة.

$$AW = \frac{d}{D} = \theta_m \cdot \gamma_b = \left(\theta_{f.c} - \theta_{p.w.p}\right)\gamma_b$$

حيث $\frac{d}{D}$ **:** نسبة عمق الماء المتاح في التربة إلى عمق قطاع التربة

$\theta_{f.c}$ **:** المحتوى الرطوبى للتربة على أساس وزنى عند السعة الحقلية ، كنسبة كسرية

θ_{PWP} **:** المحتوى الرطوبى للتربة على أساس وزنى عند نقطة الذبول الدائم كنسبة كسرية

وقد يعبر عن عمق الماء المتاح بعمق الماء بالمم الموجود في عمق واحد متر من التربة

ويمكن الحصول على ذلك بالتعويض عن قيمة $D = 1000$ mm

$$AW = d = \left(\theta_{f.c} - \theta_{p.w.p}\right) \times \gamma_b \times 1000 \quad mm/m$$

وعمق الماء المتاح يختلف حسب قوام التربة كما هو مبين بالجدول (٨-١) ويمكن من الناحية العملية أن يؤخذ كما يلي:

Soil	Clayey	Loamy	Sandy	Coarse
AW mm/m	180	140	100	60

عمق ماء الرى الصافى Net application depth (dn)

هو كمية مياه الرى الصافية المطلوب إضافتها للتربة للوصول بعمق منطقة الجذور إلى الرطوبة عند السعة الحقلية أو بمعنى آخر تعويض الرطوبة المستنفذة فى منطقة الجذور خلال الفترة بين الريات

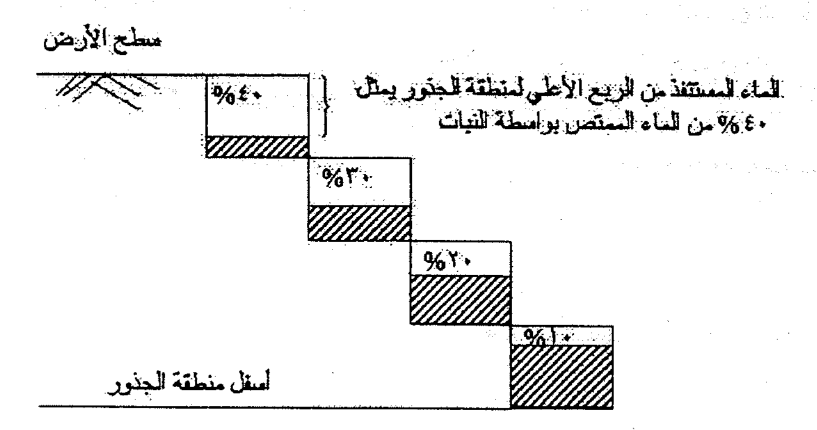
$$d_n = AW \times D \times P$$

حيث d_n: عمق ماء الرى الصافى بالمم.

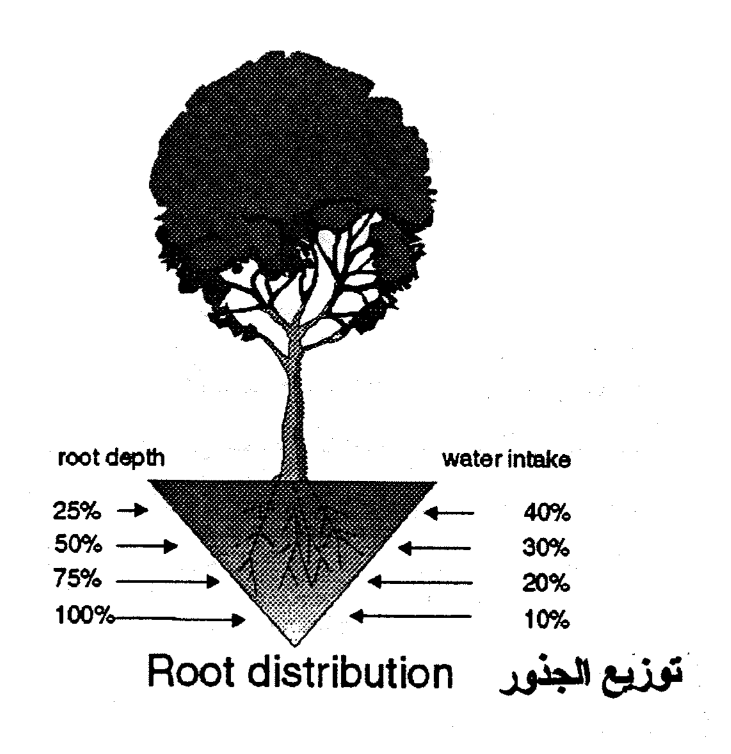
AW: عمق الماء المتاح بالمم / متر.

P: نسبة استنفاذ الرطوبة المسموح بها Allowable depletion والتى لا تؤثر على استهلاك النبات من الماء وأنتاجية المحصول ويعبر عنها كنسبة كسرية من الرطوبة الكلية المتاحة وهى عادة تقع بين ٠,٤ إلى ٠,٦ حيث رقم ٠,٤ يؤخذ للمحاصيل الحساسة ذات الجذور السطحية ورقم ٠,٦ يؤخذ للمحاصيل ذات الجذور العميقة ومعدل الاستهلاك المائى المنخفض.

ويستخلص النبات حوالي ٤٠% من إحتياجاته المائية عن طريق الجذور المنتشرة في الربع الأول لعمق منطقة الجذور لذلك يتحكم الربع الأول لعمق الجذور في الفترة بين الريات ويعتبر الربع الحرج كما هو مبين في الشكل.



نسبة امتصاص الجذور من الماء خلال منطقة انتشار الجذور



Root distribution توزيع الجذور

D: العمق الفعال للجذور بالمتر

وعمق منطقة الجذور فى مرحلة بداية النمو للمحصول وهى فترة الانبات والتكشف للبادرات تؤخذ عادة ٢٥ ـ ٣٠ سم والتى تمثل العمق الفعال للتربة والذى تستخلص البادرات منة الرطوبة. وعمق منطقة الجذور فى المرحلة الثانية وهى مرحلة تطور النمو للمحصول والتى تستمر حتى تمام النمو الخضرى تنمو فيها الجذور بطريقة خطية تقريباً من ٢٥ ـ ٣٠ سم إلى أقصى عمق تصل إلية الجذور وقد تؤخذ هذه العلاقة بطريقة مبسطة وهى تعمق الجذور بمعدل ١ سم لكل يوم وأقصى عمق تصل إلية الجذور يمكن إيجادة إما بالخبرة العملية أو بطريقة تقريبية من الجدول (٨-٢) وهى بالتقريب ٦٠سم للخضروات، ٧٠سم للمحاصيل الحقلية، ١٠٠ سم لمحاصيل الفاكهة

الفترة بين الريات (F) Irrigation Frequency

تحسب الفترة بين الريات كما يلى

$$F = \frac{d_n}{ET_c} = \frac{P.AW.D}{ET_c}$$

وحيث أن عمق الجذور (D) والاستهلاك المائى ET_cتتغير على مدار موسم النمو للمحصول فإن كل من عمق ماء الرى الصافى (D_n) وكذلك الفترة بين الريات (F) تتغير أيضاً. وعند تصميم نظم الرى يؤخذ فى الاعتبار قيمة أقصى احتياج مائى يومى والذى عندة تكون أقصر فترة رى والجدول (٨-٣) يعطى قيم أقصى الاحتياجات المائية اليومية للمحاصيل المختلفة تحت ظروف مناخية مختلفة بلأضافة الى الاحتياجات المائية الموسمية.

وجدول (٨-٢) يوضح عمق الجذور الفعال لبعض المحاصيل التى تنمو فى تربة عميقة القطاع جيدة الصرف وكذلك نسبة استنفاد الرطوبة المتاحة P وذلك عند استهلاك مائى للمحصول ٥-٦ مم/يوم وفى حالة استهلاك مائى ٣

وجدول (٨-٢) : عمق الجذور الفعال لبعض المحاصيل.

المحصول	استنفاذ الرطوبة المتاحة P	عمق الجذور D متر	المحصول	نسبة استنفاذ الرطوبة المتاحة P	عمق الجذور D متر
رسيم حجازى	٠,٥٥	٢,٠-١,٠	فول صويا	٠,٥	١,٣-٠,٦
شعير	٠,٥٥	١,٥-١,٠	سبانخ	٠,٢	٠,٥-٠,٣٠
فول	٠,٤٥	٠,٧-٠,٥	فراولة	٠,١٥	٠,٣-٠,٢
بنجر علف	٠,٥	١,٠-٠,٦	بنجر السكر	٠,٥	١,٢-٠,٧
كرنب	٠,٤٥	٠,٥-٠,٤	قصب السكر	٠,٦٥	٢,٠-١,٢
جزر	٠,٣٥	١,٠-٠,٥	عباد الشمس	٠,٤٥	١,٥-٠,٨
كرفس	٠,٢	٠,٥-٠,٣	بطاطا	٠,٦٥	١,٥-١,٠
برسيم	٠,٣٥	٠,٩-٠,٦	طماطم	٠,٤	١,٥-٠,٧
قطن	٠,٦٥	١,٧-١,٠	خضروات	٠,٢	٠,٦-٠,٣
خيار	٠,٥	١,٢-٠,٧	قمح	٠,٥٥	١,٥-١,٠
كتان	٠,٥	١,٥-١,٠	محاصيل الفاكهة		
فول سودانى	٠,٤	١,٠-٠,٥	موز	٠,٣٥	٠,٩-٠,٥
ذرة	٠,٦	١,٧-١,٠	موالح	٠,٥	١,٥-١,٢
شمام	٠,٣٥	١,٥-١,٠	نخيل البلح	٠,٥	٢,٥-١,٥
بصل	٠,٢٥	٠,٥-٠,٣	فاكهة متساقطة الاوراق	٠,٥	٢,٠-١,٠
بسلة	٠,٣٥	١,٠-٠,٦	عنب	٠,٣٥	٢,٠-١,٠
فلفل	٠,٢٥	١,٠-٠,٥	زيتون	٠,٦٥	١,٧-١,٢
بطاطس	٠,٢٥	٠,٦-٠,٤			
قرطم	٠,٦	٢,٠-١,٠	اناناس	٠,٥	٠,٦-٠,٣

جدول (٨-٣). الاحتياجات المائية الموسمية وأقصى الاحتياجات المائية اليومية لبعض المحاصيل تحت ظروف مناخية مختلفة بالملليمتر. المصدر Sprinkler and Trickle Irrigation , J.Keller and Bliesner (1990)

الجو	بارد		معتدل		حار		صحراوى مرتفع		صحراوى منخفض	
الاستهلاك المائى (مم)	يومى	موسمى	يومى	موسمى	يومى	موسمى	يومى	موسمى	يومى	موسمى
برسيم حجازى	٥,١	٦٣٥	٦,٤	٧٦٢	٧,١	٩١٤	٨,٩	١٠١٦	١٠,٢	١٢١٩
قمح أو شعير	٣,٨	٣٨١	٥,١	٤٥٧	٥,٨	٥٠٨	٦,٦	٥٣٣	٥,٨	٥٠٨
بنجر	٤,٦	٥٨٤	٥,٨	٦٣٥	٦,٩	٧١١	٨,١	٧٣٣	٩,١	٩١٤
فول	٤,٦	٣٣٠	٥,١	٣٨١	٦,١	٤٥٧	٧,١	٥٠٨	٧,٦	٥٥٩
ذرة	٥,١	٥٠٨	٤ز٦	٥٥٩	٧,٦	٦١٠	٨,٩	٦٦٠	١٠,٢	٧٦٢
قطن	-	-	٦,٤	٥٥٩	٧,٦	٦٦٠	-	-	١٠,٢	٨١٣
بسلة	٤,٦	٣٠٥	٤,٨	٣٣٠	٥,١	٣٥٦	٥,٦	٣٥٦	٥,١	٣٥٦
طماطم	٤,٦	٤٥٧	٥,١	٥٠٨	٥,٦	٥٥٩	٦,٤	٦١٠	٧,١	٦٦٠
بطاطس	٤,٦	٤٠٦	٥,١	٤٥٧	٦,٩	٥٥٣	٨,١	٥٨٤	٦,٩	٥٣٣
خضروات	٤,١	٣٠٥	٤,٦	٣٥٦	٥,١	٤٠٦	٥,٦	٤٥٧	٦,٣	٥٠٨
شمام	٤,١	٣٨١	٤,٦	٤٠٦	٥,١	٤٥٧	٥,٦	٥٠٨	٦,٤	٥٥٩
فراولة	٤,٦	٤٥٧	٥,١	٥٠٨	٥,٦	٥٥٩	٦,١	٦١٠	٦,٦	٦٦٠
والح بدون غطاء خضرى	٤,١	٥٠٨	٤,٦	٥٥٩	٥,١	٦٦٠	-	-	٥,٦	٧١١
موالح بغطاء خضرى	٥,١	٦٣٥	٥,٦	٧١١	٦,٤	٨١٣	-	-	٦,٩	٨٨٩
اكهة بدون غطاء خضرى	٣,٨	٤٨٣	٤,٨	٥٣٣	٥,٨	٥٨٤	٦,٦	٦٣٥	٧,٦	٧٦٢
فاكهة بغطاء خضرى	٥,١	٦٣٥	٦,٤	٧١١	٧,٦	٨١٣	٨,٩	٩١٤	١٠,٢	١٠١٦
عنب	٣,٦	٣٥٦	٤,١	٤٠٦	٤,٨	٤٥٧	٥,٦	٥٠٨	٦,٤	٦١٠

مم/يوم أو أقل تزاد قيمة P بمقدار ٣٠% وعندما تكون قيمة الاستهلاك المائى ٨ مم/يوم فأكثر تخفض قيمة P بمقدار ٣٠% وذلك بأفتراض أن ملوحة محلول التربة المشبعة أقل من ٢ مللى موز/سم.

عمق ماء الرى الاجمالى أو المضاف Gross Application depth (dg)

ويشمل عمق ماء الرى الاجمالى إحتياجات الرى أو المقنن المائى الفعلى (V) ويحسب من عمق ماء الرى الصافى مضافاً إلية الاحتياجات الغسيلية وفواقد المياه والتى تتضمنها كفاءة نظام الرى E_i.

$$d_g = \frac{d_n}{E_i(1-LR)}$$

زمن الرى Irrigation Time (t)

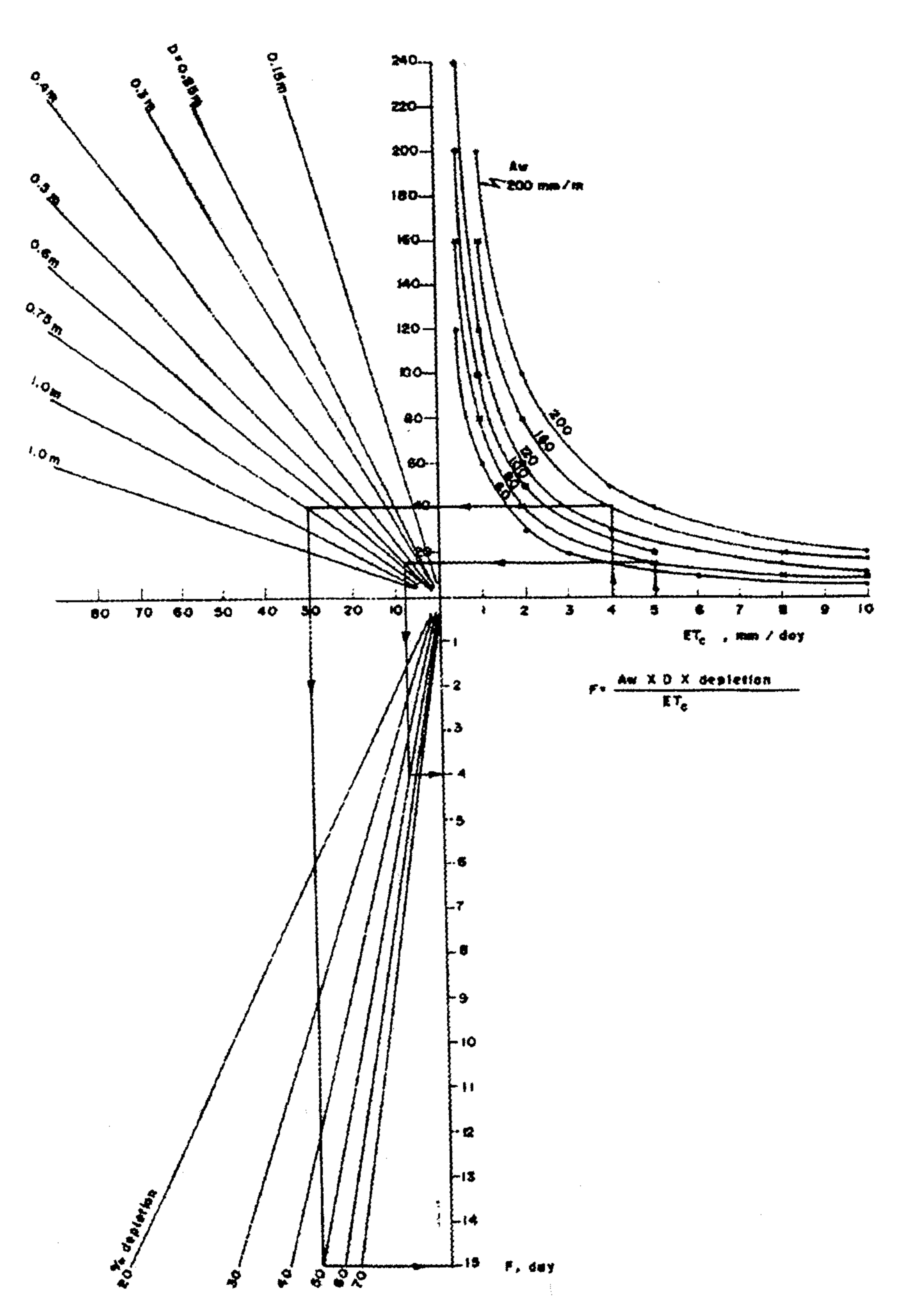
يعتمد زمن الرى على مقدار التصرف (q) والمساحة المطلوب ريها (A) ويمكن كتابة المعادلة الحجمية الاساسية فى الرى على النحو التالى. $q.t = dg.A$

وتنص هذه المعادلة على أن التصرف بالمتر المكعب/ساعة مضروبا فى زمن الرى بالساعات يعطى حجم أو كمية المياه المضافة للحقل وهذه الكمية تساوى عمق مياه الرى المضافة للمساحة وهى تمثل حجم أيضاً وبالتعويض عن قيمة d_g تنتج المعادلة التالية: -

$$q.t = \frac{d_n.A}{E_i(1-LR)}$$

حيث t: زمن الرى بالساعة

الطريقة المختصرة لحساب الفترة بي الريات بأستخدام المنحنيات كما هو موضح بالشكل التالي.



q: التصرف م³ / س

Dn: عمق ماء الرى الصافى بالمم

A: المساحة بالمتر المربع

E_i: كفاءة نظام الرى كنسبة كسرية

LR: الاحتياجات الغسيلية كنسبة كسرية

قد تهمل الاحتياجات الغسيلية إذا قلت أو تساوى ١٠% ($LR \le 0.10$) بإعتبار أن الماء المفقود بالتسرب العميق والداخل فى حساب كفاءة الرى يقوم بعملية غسيل الأملاح أما إذا زادت الاحتياجات الغسيلية عن ١٠% فتضاف إلى مياه الرى كما فى المعادلة السابقة.

مثال لحساب زمن الرى فى الرى السطحى

إحسب زمن الرى اللازم للرى بالخطوط إذا كانت أنبوبة السفيون المستعملة تصرفها ٠,٧٥ م³ / س وطول الخط ٦٠ متر وعرض ٧٠سم والمطلوب إضافة عمق ماء رى إجمالى ٢٥مم

$$q \times t = A \times d_g$$

$$0.75 \times t = 90 \times 0.7 \times 0.025$$

$$t = 2.1\,hrs$$

مثال:

إحسب عمق الماء المتاح وكذلك عمق ماء الرى الصافى والمضاف إذا فرضنا أن المساحة المنزرعة هى ٥ أفدنة بمحصول تتعمق جذورة ٦٠سم وأن نسبة الاستنفاد ٥٥% والاستهلاك المائى ٦,٥ مم/يوم كما أن كفاءة الرى هى ٧٥% أحسب كمية المياه بالمتر المكعب للرية الواحدة كذلك الفترة بين الريات.

عمق التربة سم	الكثافة النسبية	السعة الحقلية%	نقطة الذبول%	عمق الماء المتاح (مم)
صفر-٣٠	١,٧٣	٨,٣٥	٢,٢٤	٣١,٣٥
٣٠-٦٠	١,٦٥	٧,٤٥	١,٩٣	٢٧,٣٢

- عمق الماء فى منطقة الجذور (٦٠سم)=٣١,٥٣+٢٧,٣٢=٥٨,٨٥مم
- عمق ماء الرى الصافى فى الرية الواحدة = عمق الماء المتاح × نسبة الاستنفاذ = ٥٨,٨٥ × ٠,٥٥ = ٣٢,٤ مم
- عمق ماء الرى الإجمالى للرية الواحدة =٣٢,٤/٠,٧٥ = ٤٣,٢ مم
- كمية المياه بالمتر المكعب للرية الواحدة = ٤٣,٢ × ٥ أفدنة × ٤,٢ = ٩٠٦,٦م³ / رية
- الفترة بين الريات = ٣٢,٤/٦,٥= ٥ أيام

الاحتياجات المائية فى الرى بالتنقيط

يعرف الري بالتنقيط بأنه نظام الري الذي يقوم بإضافة مياه الري بكميات قليلة وعلى فترات متقاربة مباشرة إلى منطقة الجذور وبذلك فهو يقوم بابتلال جزء من سطح التربة بعكس طرق الري الأخرى مثل الري السطحي (الغمر) والري بالرش.

ويترتب على معاملة الري بالتنقيط كباقي طرق الري الأخرى إهدار كميات كبيرة من مياه الري والأسمدة ومن هنا لابد من تعديل كميات مياه الري التي تضاف في الرية الواحدة وكذلك تقصير الفترة بين الريات لتتاسب الري بالتنقيط. فمن أهم خصائص الري بالتنقيط نسبة المساحة المبتلة Percentage wetted area.

ابتلال التربة soil wetting

تقوم نظم الري بالتنقيط بابتلال جزء من مساحة سطح التربة ويطلق على هذا الجزء نسبة المسلحة المبتلة Pwويعتمد على حجم وتصرف مياه الري المضافة عند كل منقط (نقطة انبعاث المياه) والمسافة بين المنقطات ونوع التربة. وفي العادة فإن المساحة المبتلة على سطح التربة تحت المنقط تكون أقل من المساحة المبتلة على عمق حوالي ١٥ إلى ٣٠ سم تحت سطح التربة حيث يشكل الحجم المبتل بصيلة مقلوبة inverted bulb-shapedوعلى ذلك يمكن تعريف نسبة المساحة المبتلة على أنها.. نسبة مساحة الابتلال تحت المنقطات على عمق ١٥ -٣٠ سم تحت سطح التربة إلى المساحة المحصولية الكلية التي تخدمها هذه المنقطات.

وتتراوح نسبة المساحة المبتلة عند تصميم نظم الري بالتنقيط للأشجار المختلفة من ٣٠ % إلى ٥٠ % وغالبا ما تكون ٣٠ % حيث إنه بزيادة نسبة المساحة المبتلة تزيد تكاليف إنشاء شبكة التنقيط حيث يستلزم ذلك زيادة عدد النقاطات للشجرة الواحدة. بالإضافة إلى زيادة كمية الخراطيم المطلوبة للشبكة. بينما قد تصل نسبة المساحة المبتلة إلى ٩٠ % في حالة المحاصيل التي تزرع على صفوف متقاربة مثل الخضراوات حيث تصل المسافة بين خطوط التنقيط من ١ إلى ١,٥ متر.

عمق ماء الري الصافي الموسمى Net Seasonal irrigation depth D_n

وهو عمق ماء الري أو حجم ماء الري المطلوب خلال موسم النمو للحصول على نمو محصولي سائد وذلك للمساحة المحصولية الكلية مطروحا منة أية مساهمات أخرى في تلبية الاحتياجات المائية مثل الأمطار أو الرطوبة المختزنة في التربة أو الرشح من المياه الأرضية.

$$D_n=(ET_c-R_e-M_s).K_r$$

حيث أن :- ET_c الاستهلاك المائي للمحصول أو البخر نتح للمحصول خلال موسم النمو.

R_e:عمق المطر الفعال.

M_s:الرطوبة المختزنة في التربة من الموسم السابق أو الأمطار السابقة ومن الملاحظ هنا أن الأمطار تسقط على سطح الأرض بالكامل أي تقوم بابتلال سطح الأرض كله وهذا هو السبب في طرح هذه الكميات من الاحتياجات المائية التقليدية والتي تم حسابها على أساس ابتلال كل سطح الأرض وفي المناطق الجافة كما هو الحال في مصر فإنه عادة تعتبر أن تلبية الاحتياجات المائية تتم بالكامل عن طريق الري وتهمل بذلك كميات المطر وباقي المساهمات الأخرى أي تصبح المعادلة كالآتى:

$$D_n=ET_{crop}=ET_c.K_r$$

حيثK_r معامل النقص أو التخفيض وسوف نتناوله بالتفصيل فيما بعد

عمق ماء الري الصافي للرية الواحدة Net application depth (d_n) per irrigation

يمكن التعبير عن أقصى عمق ماء ري صافي يمكن إضافته في الرية الواحدة للري بالتنقيط بنفس طريقة التعبير عنة في حالة الري السطحي والري بالرش ولكن بأخذ نسبة ابتلال التربة pw في الاعتبار كما يلي

$$d_n = \underline{\underline{(FC - PWP) \times \rho_d \times D \times 1000}} \times dep \times P_w$$

$$\therefore d_n = AW \times dep \times P_w$$

حيث FC رطوبة التربة على أساس وزني عند السعة الحقلية كنسبة كسرية.

PWP رطوبة التربة على أساس وزني عند نقطة الذبول الدائمة كنسبة كسرية

ρ_d الكثافة النسبية للتربة أو الكثافة الظاهرية جرام / سم٣

D عمق منطقة الجذور بالمتر

dep نسبة الاستنفاذ كنسبة كسرية

P_w نسبة التربة المبتلة كنسبة كسرية

AW عمق الماء المتاح (مم / متر) Available water

d_n عمق ماء الري الصافي بالمم

و كقاعدة عامة فأن نسبة الاستنفاذ المسموح بها للرطوبة في منطقة الجذور غالباً ما تؤخذ ٣٠ % في الري بالتنقيط وذلك للمحاصيل الحساسة للجفاف drought - sensitive crops

و ترجع قلة نسبة الاستنفاذ في الري بالتنقيط عن نسبة الاستنفاذ في الري السطحي والري بالرش وهي ٥٠% وذلك لقلة المخزون من الرطوبة في التربة حيث تصل نسبة الحجم المبتل من التربة إلى ٣٠% - ٤٠ % في الري بالتنقيط وقد يأخذ أقل عمق منطقة جذور للخضروات ٣٠ سم أما أشجار الفاكهة النامية فيأخذ أقل عمق للجذور = ١ م

الفترة بين الريات (F) Irrigation frequency

تعتمد الفترة بين الريات على عمق ماء الري الصافي والاستهلاك المائي للمحصول ولذلك فهي تعتمد على كل من خواص التربة وخواص المحصول والعوامل الجوية وتحسب كالاتي-

$$F = d_n/ET_C$$

حيث F الفترة بين الريات باليوم.

d_n عمق ماء الري الصافي مم.

ET_c البخر نتح للمحصول بالمم/يوم.

وواضح إنه في حالة الري اليومي أي F=1 فإن

$$d_n = ET_c$$

$$d_n = ET_o \times K_c \times K_r$$

حيث K_c معامل المحصول الغير مصحح حسب نسبة المساحة المظللة

K_r معامل النقص أو التخفيض الذي يتم حسابه حسب نسبة المساحة المظللة

عمق ماء الري الإجمالي (d_g) Gross irrigation depth

هو عمق ماء الري أو حجم ماء الري المطلوب للمساحة المحصولية الكلية مطروحاً منها أية مساهمات من مصادر أخرى مضافاً إليها فواقد المياه مثل الاحتياجات الغسيلية أو التسرب العميق تحت منطقة الجذور أو عدم إنتظام توزيع المياه وهو ما يطلق علية انخفاض كفاءة نظام الري كما يلي

$$d_g = d_n/(E_a(1-LR))$$

حيث E_a كفاءة إضافة المياه أو كفاءة نظام الري Irrigation application efficiency

LR الاحتياجات الغسيلية leaching requirements

تعرف كفاءة الري بالتنقيط الكلية E_a كما يلي

$$E_a = K_s .\ EU$$

حيث K_s معامل أقل من الواحد الصحيح يعبر عن فواقد التسرب العميق التي لا يمكن تلافيها وتعتمد على نوع التربة وحيث إنه من الصعب حسابها ولذلك تقدر على أساس نوع التربة فهي تساوي ٨٧ % في حالة التربة الرملية الخشنة، ٩١ % في حالة التربة الرملية، ٩٥ % في حالة التربة السلتية، ١٠٠ % في حالة التربة الطينية ولذلك فهي تأخذ عادة تساوي ٩٠ %.

$$E_a = 0.90\ EU$$

حيث EU كفاءة انبعاث أو توزيع المياه في شبكة الري بالتنقيط.

فى حالة ما إذا كانت الاحتياجات الغسيلية تقل عن ١٠% أو $K_s>(1-LR)$ فإنه يمكن إهمال الاحتياجات الغسيلية فى هذه الحالة حيث إن الفاقد بالتسرب العميق سوف يقوم بعملية الغسيل، إما إذا كانت الاحتياجات الغسيلية تزيد عن ١٠% أو $(1-LR)>$ فإنه يمكن إهمال K_s فى هذه الحالة وتؤخذ الاحتياجات الغسيلية فى الاعتبار عند حساب عمق ماء الرى الإجمالى.

فى حالة استخدام الرشاشات المصغرة (mini/micro sprinklers) أو الرذاذات (micro sprayers) لرى الأشجار فى شبكة الرى بالتنقيط فإن جزئا من قطرات المياه تفقد بالبخر والانجراف بالرياح أى فواقد الرذاذ spray losses وعلى ذلك يجب تعديل كفاءة الرى E_a لتكون

$$E_a = K_s \cdot EU \cdot \left(1 - \frac{\%\text{Spray Losses}}{100}\right)$$

وتتراوح قيم الفاقد بالبخر بين ٢-١٠% حسب حالة الجو من حرارة ورطوبة وسرعة رياح كما تعتمد على نوع الرشاشات الصغيرة وقطر قطرات الميا

كفاءة انبعاث أو توزيع المياه في شبكة الري بالتنقيط Emission uniformity (EU)

تصف كفاءة انبعاث المياه مدى انتظام توزيع المياه على النباتات داخل الحقل. ولهذا فهو يعتبر واحد من مؤشرات أداء نظام الري. ويطلق علية في الري بالرش بكفاءة توزيع المياه (DU) Distribution Uniformity ويقدر حقليا بمتوسط ٢٥ % من أقل النقاطات تصرفا بالنسبة لمتوسط تصرف النقاطات في حالة الري بالتنقيط أما في حالة الري بالرش فيقدر بمتوسط أقل ٢٥% من عدد علب تقدير المياه المتساقطة في العلب. ويمكن التعبير عن ذلك بوجه عام كما يلي DU= EU = متوسط أقل رُبع مقسوما على متوسط كل أعماق ماء الري المتجمع أو المتسرب في التربة.

وفي الري بالتنقيط تقدر كفاءة انبعاث المياه حقلياً EU -Field test كما يلي

$$EU = \frac{q_{LQ}}{q_{Av}}$$

حيث EU كفاءة انبعاث المياه.

q_{LQ} متوسط أقل ربع لتصرفات النقاط.

q_{Av} متوسط تصرفات النقاطات في الحقل.

ويمكن تقدير كفاءة انبعاث المياه في الري بالتنقيط أيضاً من تصميم الشبكة الجديدة EU -design estimate من المعادلة الاتية

$$EU = \left(1.0 - \frac{1.27 \cdot CV}{\sqrt{n}}\right)\frac{q_{min}}{q_{Av}}$$

حيث q_{min} أقل تصرف للنقاط خلال شبكة الري بالتنقيط والذي يقابل أقل ضغط في الشبكة.

q_{Av} متوسط تصرف النقاطات خلال شبكة الري بالتنقيط والذي يقابل ضغط التشغيل المتوسط للنقاطات.

n عدد النقاطات لكل نبات.

CV معامل الاختلاف في تصنيع النقاطات.

Manufacturers' coefficient of variation

ويعرف معامل الاختلاف إحصائيا بالآتى $CV = S/\bar{x}$

حيث S الانحراف القياسي أو المعياري لتصرفات عينة من النقاطات الجديدة.

$\bar{x}$ متوسط التصرفات لعينة النقاطات.

ففي شبكة الري بالتنقيط الجديدة أي التي لا يوجد بها انسداد في النقاطات يرجع الاختلاف في تصرف النقاطات إلى عاملين أساسين أولهما من الاختلاف في تصنيع النقاطات أي الدقة والضباطة في أثناء عملية التصنيع والعامل الثاني ويرجع إلى اختلاف الضغط داخل خطوط الشبكة نتيجة الفواقد الهيدروليكية لسريان المياه داخل الشبكة مثل فاقد الضغط نتيجة الاحتكاك والوصلات بالشبكة. ولذلك لفصل العاملين من بعضهما يتم تقدير معامل الاختلاف في التصنيع عن طريق أخذ عينة من النقاطات الجديدة brand new من المصنع كأن تكون ٤٠ نقاط مثلا ويتم تقدير التصرف لهم تحت ضغط معين وهو في الغالب ضغط التشغيل الموصي به وبعد ذلك يؤخذ متوسط قراءات التصرف لعينة النقاطات $\bar{x}$ ويتم حساب الانحراف القياسي S وبعد ذلك يتم حساب معامل الاختلاف في التصنيع كما في المعادلة السابقة. ويتم تقسيم النقاطات حسب قيمة معامل الاختلاف كما يلي

جدول (٨-٤) تقسيم النقاطات الجديدة حسب معامل الاختلاف (ASAE)

التقسيم	معامل الاختلاف	كفاءة انبعاث المياه EU
EXCELLENTممتازة	أقل من٠,٠٥	%١٠٠-٩٤
Averageمتوسطة	٠,٠٧-٠,٠٥	%٨٧-٨١
Marginalمقبولة	٠,١١-٠,٠٧	%٧٥-٦٨
Poorرديئة	٠,١٥-٠,١١	%٦٢-٥٦
Unacceptableغير مقبول	أكبر من ٠,١٥	أقل من ٥٠%

فمعامل اختلاف قدرة ٠,٠٥ يعني أن ٩٥ % من تصرف النقاطات يقع في مدى ١٠ % من متوسط التصرف سواء بالزيادة أو النقصان ويجب عند شراء النقاطات التأكد من أن معامل الاختلاف في التصنيع لا يزيد عن ٠,٠٥

بالعودة إلى معادلة حساب كفاءة الانبعاث التصميمية نجد أنها تتكون من شقين شق خاص بتغير التصرف خلال الشبكة نتيجة تغير الضغط وهو النسبة بين أقل تصرف الى التصرف المتوسط والشق الثاني خاص بالتغير في تصرف النقاطات نتيجة الاختلاف في التصنيع وقد تم إدخال عامل آخر وهو عدد النقاطات للنبات أو الشجرة حيث أن بزيادة عدد النقاطات يقل الاختلاف وحيث أن كفاءة الانبعاث أو كفاءة التوزيع تعبر عن متوسط اقل ربع في التصرفات إلى متوسط التصرفات فقد تم افتراض أن تصرف النقاط هو متغير عشوائي يتبع التوزيع الطبيعي (normal distribution) وتعتمد دالة كثافة التوزيع الطبيعي على المتوسط الحسابي والانحراف القياسي للمتغير العشوائي وهو في هذه الحالة تصرف النقاط.والمتغير الطبيعي المعياري يساوي ١,٢٧ وبذلك يمكن القول بأن١٠ % من النقاطات يقل تصرفها عن $EU\text{-}q_{av}$.

وتقسم قيم كفاءة انبعاث المياه حسب درجة قبولها طبقا لتقسيم الجمعية الأمريكية للمهندسين الزراعيين ASAE كما فى الجدول السابق.

وعموماً فإن كفاءة توزيع المياه في الشبكات التي يكون المسافة بين صفوف الأشجار بها أكبر من ٤ متر تصمم بحيث تكون ٩٠ إلى ٩٥% إما إذا كانت المسافة بين الصفوف أقل من ٤ متر تصمم بحيث تكون ٨٥-٩٠ %أما في حالة خطوط التنقيط الذاتية أي ذات منقطات داخلية Line source فتصمم بحيث تكون ٨٠ -٩٠ %.

الاحتياجات المائية وعلاقاتها بالري بالتنقيط

يستخدم الري بالتنقيط أساسا لري الأشجار والمحاصيل التي تزرع على صفوف حيث تشغل النباتات جزء من سطح التربة فقط والغطاء النباتي للمحاصيل التي تزرع على مسافات متسعة أو الأشجار الصغيرة يستقبل فقط جزء من الإشعاع الشمس الساقط بينما في الري السطحي والري بالرش فإن الجزء المبتل من سطح التربة غير المظلل أو المغطى بالنباتات يتسبب في فقد جزء من مياه الري سواء في البخر من سطح التربة أو النتح من الحشائش ولهذا فأن جزء من الاحتياجات المائية للمحاصيل والتي تم تقديرها بالطريقة التقليدية تحتوي على الجزء المفقود بالنتح من الحشائش والبخر من سطح التربة المبتل والذي لا يحتوي على غطاء نباتي وبالتالي فإنه يستخدم معامل التخفيض أو معامل الغطاء النباتى reduction factor (K_r) عند تحديد الاحتياجات المائية في الري بالتنقيط على أساس K_c هو للمحصول كامل النمو أى غير مصحح ثم تصحح حسب نسبة الغطاء النباتى وعمر النبات ونلاحظ أن طريقة الفاو FAO تعدل معامل المحصول حسب نسبة الغطاء النباتى بينما الطرق الأخرى تستعمل المعامل العادى (للمحصول كامل النمو) ثم تضربه فى معامل التخفيض أى أن:

$$ET_c = ET_o \cdot K_{c_{adjusted}} \quad FAO$$
$$ET_c = ET_o \cdot K_c \cdot K_r \quad Other$$

و توجد عدة معادلات تستخدم في حساب معامل التخفيض أو معامل الغطاء النباتي سوف نتعرض لها بالتفصيل كما يلي:

أولا: طريقة كيلر وكرميللى Keller and Karmeli (1974)

وهى طريقة بسيطة عبارة عن علاقة مباشرة بالنسبة المئوية للمساحة المظللة كما يلى:

$$K_r = \min\left(\frac{GC}{85}, 1\right)$$

حيث أن GC (ground Cover) هو النسبة المئوية للمساحة المظللة بالغطاء النباتي وتؤخذ على أنها النسبة المئوية من سطح الأرض الذي تظلله المساحة الورقية للنباتات عند النظر عموديا على سطح الأرض عند ساعة الظهيرة وقيمة K_r تصل إلى قيمتها العظمى وهي الواحد الصحيح عندما يصل الغطاء النباتي إلى ٨٥ % أو أكثر وفي هذه الحالة تتساوى قيمة الاحتياجات المائية للري بالتنقيط مع الري بالرش والري السطحي

ثانيا : طريقة الفاو رقم ٥٦ Allen,1998

وهو أحدث تعديل في حساب الاحتياجات المائية يتم حساب معامل المحصول المعدل في حالة الري بالتنقيط باستخدام المساحة المظللة (GC) وارتفاع النباتات (h) كما يلي

$$K_{c_{mid}} = K_{c_{min}} + \left(K_{c_{full}} - K_{c_{min}}\right) \times \left(\min\left\{1, 2f_c, f_c^{\left(\frac{1}{1+h}\right)}\right\}\right)$$

حيث K_{cmid} هو معامل المحصول المعدل لمرحلة ثبات النمو Mid season

K_{cmin} معامل المحصول للأرض المكشوفة بدون غطاء نباتي bare soil أي للبخر من سطح الأرض وهو يتراوح بين ٠,١٥ إلى ٠,٢٠

K_{cfull} معامل المحصول الكامل النمو أي في أقصى حجم وارتفاع له Peak plant size or height و هو يساوي ١,٢ أو ١ أو ٠,٧ وذلك حسب نوع المحصول ويمكن إيجاده من جداول معامل المحصول

f_c نسبة الغطاء النباتي أي GC أو المساحة المظللة بواسطة الشجرة

h ارتفاع الشجرة أو النبات بالمتر

و يمكن وضع المعادلة السابقة في صيغة تلائم ما سبق شرحة كما يلي

$$K_c = K_{c_{min}} + \left(K_{c_{full}} - K_{c_{min}}\right) \times GC^{\left(\frac{1}{1+h}\right)}$$

و بتعديل وضع المعادلة للحصول على معامل التخفيض K_r

$$\frac{K_c - K_{c_{min}}}{K_{c_{full}} - K_{c_{min}}} = GC^{\frac{1}{1+h}} \text{ dividing by } K_{c_{full}}$$

$$\therefore GC^{\frac{1}{1+h}} = \frac{K_c / K_{c_{full}} - K_{c_{min}} / K_{c_{full}}}{1 - K_{c_{min}} / K_{c_{full}}}$$

$$\therefore K_r = K_c / K_{c_{full}} = K_{c_{min}} / K_{c_{full}} + \left(1 - K_{c_{min}} / K_{c_{full}}\right) \times GC^{\frac{1}{1+h}}$$

و يلاحظ أنه يمكن من معادلة الفاو الحصول على نفس القيمة لمعامل

المحصول الناتج من معادلة Keller and Bliesner , 1990 و ذلك بتعويض عن:

$K_{cmin}=0.15,\ K_{cfull} = 1.2,\ h=0.7$

فعند تعويض في المعادلة السابقة بهذه القيم ينتج

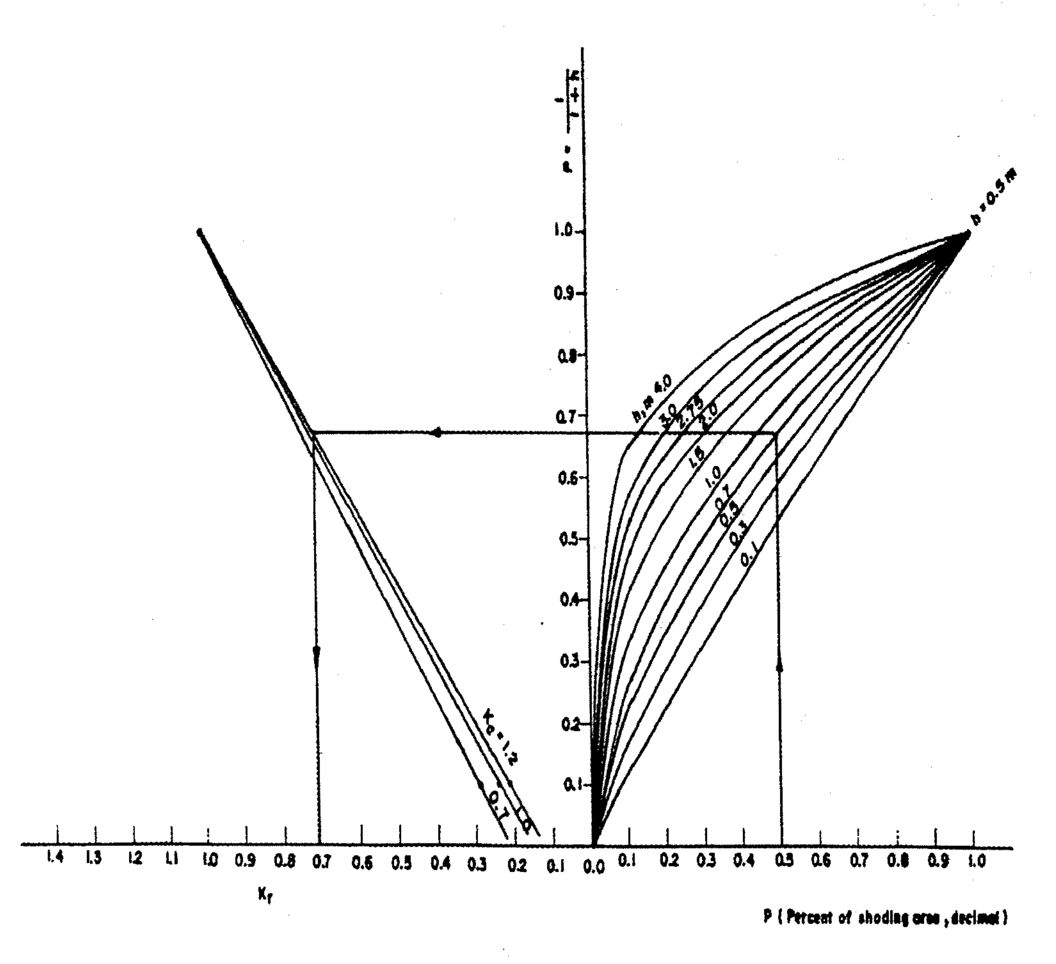
$$K_r = 0.125 + 0.875\ GC^{(1/1+0.7)}$$

$$K_r = .125 + 0.875\ GC^{(.588)}$$

و كمثال بالتعويض في المعادلة عند نسبة الغطاء النباتي ٥٠ % في المعادلة السابقة ينتج $K_r = 0.707$

و بالتعويض في معادلة Keller بنسبة الغطاء النباتي GC = 50 % ينتج $K_r = 0.707$ وهي نفس القيمة وبهذا يتضح أن معادلة Keller أخذت ارتفاع النبات كقيمة ثابتة تساوي ٠,٧ متر أما معادلة الفاو فهي معادلة عامة تأخذ ارتفاع النبات كمتغير لذلك يمكن القول بأن معادلة Keller تهمل ارتفاع النبات بينما تأخذ معادلة الفاو في الاعتبار ارتفاع النبات. ويؤثر ارتفاع النبات في مقاومة الهواء الديناميكية aerodynamic resistance ووحداتها عكس السرعة أي ثانية/متر فهي تحدد انتقال الحرارة وبخار الماء من سطح التبخير للهواء فوق الغطاء النباتي canopy ولتبسيط معادلة الفاو فقد تم تمثيلها بيانيا كما في الشكل التالي وذلك بأخذ قيمة $K_{cmin} = .15$ وذلك عند قيم مختلفة لأقصى قيمة لمعامل المحصول K_{cfull} تساوي ١,٢ و ١,٠ و ٠,٧ فبمعرفة قيمة نسبة المساحة المظللة وارتفاع النبات وأقصى معامل محصول يمكن الحصول على معامل التخفيض K_r

مثال استخدام الشكل التالي في إيجاد معامل التخفيض إذا كانت نسبة المساحة المظللة ٠,٥٠ وارتفاع المحصول ٠,٧ متر وأقصى معامل محصول ١,٢ في هذه الحال يكون معامل التخفيض K_r يساوي ٠,٧



ثالثا طريقة فريمان وجَرزولى

يقترح (Freeman and garzoli) أن البخر من سطح التربة غير المغطاة بالنباتات يساوي نصف قيمة البخر من الغطاء النباتي وبالتالي حينما تغطي النباتات الأرض تغطية كاملة فأن قيمة معامل التخفيض تساوي الواحد

الصحيح. وعندما يشغل الغطاء النباتي نسبة تقل عن ٥٠ % من مساحة سطح التربة فأن معامل التخفيض في هذه الحالة يتساوى مع نسبة الغطاء النباتي حيث أن الماء الذي يفقد بالبخر من سطح التربة غير المظلل في هذه الحالة يمكن إهمالة ويمكن صياغة هذا الفرق في المعادلة التالية كالاتي

$$K_r = GC + \frac{1}{2}(1 - GC)$$

رابعا : طريقة كيلر وبلزنر

اقترح (Keller and Bliesner , 1990) تعديلا للطريقة القديمة بالمعادلة الآتية:

$$K_r = 0.1\sqrt{GC}$$

$$GC = \frac{A_s \times 100}{S_p \times S_r}$$

حيث A_s المساحة الأفقية المظللة و S_r المسافة بين صفوف الأشجار و S_p المسافة بين الأشجار في الصف

و في حالة الأشجار الناضجة فإن النسبة المنوية للمساحة المظللة تبلغ أقصي قيمة لها وهي ٧٨,٥ % على أساس أنها تمثل دائرة دلخل مربع طول ضلعه s وتحسب كالآتى

$$GC = \frac{\frac{\pi}{4} \times s^2}{s^2} \times 100 = 78.5\%$$

خامسا : طريقة وزارة الزراعة الأمريكية(SCS 1984)

يتبنى قسم خدمات صيانة التربة التابع لهذه الوزارة الصيغة التالية فى كتابها عن الرى بالتنقيط:

$$K_r = GC + 0.15\,(1 - GC)$$

سادسا : طريقة ديكرويكس Decroix

وتتلخص هذه الطريقة فى ما يلى:

$$K_r = \min(1,(0.10 + GC))$$

أى نسبة التغطية + ٠,١ بما لا يجاوز الواحد الصحيح.

حساب زمن الرى فى الرى بالتنقيط

يحسب زمن الرى فى الرى بالتنقيط على أساس التعويض اليومى للاستهلاك المائى ففى حالة استخدام المنقطات Emitters أو الرشاشات المنى mini sprinkler فإن زمن التشغيل اليومى بالساعات t يحسب كالآتى

$$\text{زمن الرى اليومى بالساعات} = \frac{\text{مساحة الشجرة (م}^{2}\text{)} \times \text{الاستهلاك المائى (مم/يوم)}}{\text{كفاءة الرى} \times \text{عدد المنقطات للشجرة} \times \text{تصرف المنقط (لتر/س)}}$$

أما فى حالة استخدام أنابيب التنقيط drip tube للمحاصيل التى تزرع على خطوط

$$\text{زمن الرى اليومى بالساعات} = \frac{\text{المسافة بين الصفوف} \times \text{الاستهلاك المائى (مم/يوم)}}{\text{كفاءة الرى} \times \text{التصرف لكل متر طولى من أنابيب التنقيط}}$$

مثال عند حساب الاستهلاك المائى اليومى للقطن كان ٧,٢ مم / يوم وكانت المسافات بين الصفوف ١ متر وكان تصرف أنابيب التنقيط ٤ لتر / س لكل متر طولى وكانت كفاءة نظام الرى ٩٠% أحسب زمن التشغيل اليومى لنظام الرى.

الحل

$$t=\frac{1\times7.2}{0.9\times4}=2hrs$$

مثال أحسب زمن التشغيل اليومى لشبكة رى بالتنقيط لأشجار فاكهة تزرع على مسافات ٥ × ٥ متر والاستهلاك المائى ٦ مم / يوم وكفاءة نظام الرى ٩٠% وتروى كل شجرة برشاش ميكرو Micro sprinkler تصرفه ٣٨ لتر/س.

الحل

$$t=\frac{5\times5\times6}{0.9\times38}=4.4hrs$$

حساب زمن الرى فى الرى بالرش

أما فى حالة الرى بالرش فيحسب زمن تشغيل نظام الرى من معدل الرش للرشاشات المستعملة فإذا كان نظام الرى بالرش ثابت أو متنقل سواء باليد أو على عجل فإن معدل الرش يحسب كالآتى

$$I=\frac{Q\times1000}{S_l\times S_m}$$

حيث I = معدل الرش مم / ساعة

Q = تصرف الرشاش م^{3} / س

S_l = المسافات بين الرشاشات على خط الرش بالمتر

S_m = المسافات بين خطوط الرش بالمتر

ويحسب زمن الرى كالآتى

حيث t زمن الرى بالساعات $t=\frac{d_g}{I}$

<u>مثال</u> إحسب زمن تشغيل نظام رى بالرش الثابت المسافات بين الرشاشات ١٢ × ١٢ متر وتصرف الرشاش المستعمل ١,٨ م٣ / س إذا كان المطلوب إضافة عمق ماء رى إجمالى ٣٠ مم.

$$I=\frac{1.8\times1000}{12\times12}=12.5 mm/hr$$

$$t=\frac{30}{12.5}=2.4 hrs$$

أما فى حالة الرى بالرش المحورى فإن الطريقة تختلف ويمكن تلخيصها فى الآتى إذ كان الجهاز المحورى يضيف عمق ماء رى إجمالى ٦مم عند ضبطه على نسبة توقيت (n_1) ١٠٠% وكانت زمن اللفة الكاملة ١٢ ساعة والمطلوب إضافة عمق ماء رى إجمالى ٨ مم فى الدورة الواحدة فإن نسبة التوقيت المطلوب ضبط الجهاز عليها n_2 تحسب كالآتى

$$n_1\times d_{g_1}=n_2\times d_{g_2}$$

$$100\times6=n_2\times8$$

$$n_2=\frac{6}{8}\times100=75\%$$

ويحسب زمن اللفة للجهاز t_2 عند نسبة توقيت n_2 تساوى ٧٥% كالآتى

$$t_1\times n_1=t_2\times n_2$$

$$12\times100=t_2\times75$$

$$t_2=16 hrs$$

حيث t_1 زمن اللفة للجهاز عند نسبة توقيت n_1 تساوى ١٠٠%

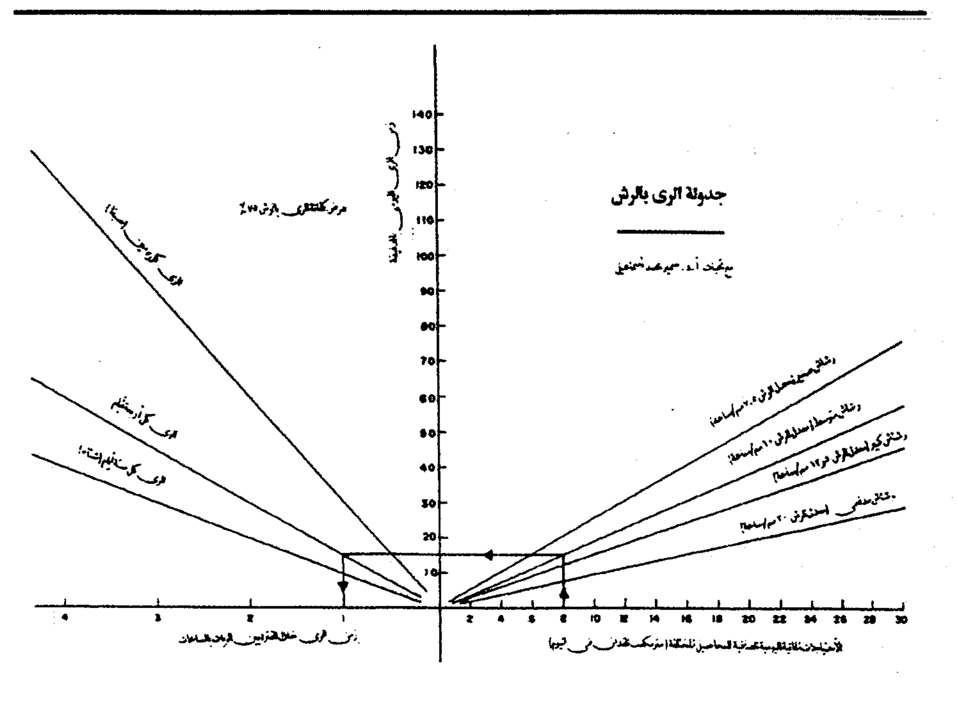
<u>الطريقة المختصرة Shortcut لجدولة الرى بالرش بأستخدام المنحنيات</u>

جهد البخرنتح (مم/يوم)

زمن الرى اليومى بالدقيقة

جدولة الرى بالرش

مع تحيات أ.د. سمير محمد إسماعيل



الطرق المستخدمة في تحديد رطوبة التربة

من الطرق السهلة والسريعة والتي يستخدمها المزارع في الحكم علي رطوبة التربة هي طريقة المظهر والإحساس باليد Feel and Appearance ولكنها تحتاج إلى خبرة كافية وتتم بأخذ حفنة من التربة ووضعها في راحة اليد ثم الضغط عليها لتكوين كرة أو فركها بين الإبهام والإصبع الأكبر. أما الطرق العلمية الأكثر دقة في تحديد رطوبة التربة فهي:-

١- عينات الرطوبة Gravimetric Sampling

تؤخذ عينات من التربة توضع في علب رطوبة محكمة. ثم توزن وتجفف في الفن لمدة ٢٤ ساعة تحت درجة ١٠٥ مئوية ثم توزن مرة أخري بعد خروجها من الفرن ويكون الفرق في الوزن هو وزن الرطوبة في العينة وبقسمة وزن الرطوبة علي وزن التربة الجافة ينتج المحتوي الرطوبة للتربة.

٢- التنسيوميترات Soil Tensiometers

ويتركب جهاز التنسيوميتر من أنبوبة في أحد نهايتها إصبع من السيراميك والنهاية الأخرى بها عداد لقياس الشد أو الضغط السالب (التفريغ). ويوضع إصبع السيراميك في التربة ويقوم العداد بتسجيل مقدار الشد الرطوبي الناتج عن جفاف التربة. وعن طريق استخدام منحنيات تربط بين الشد الرطوبي والمحتوي الرطوبي للتربة soil moisture characteristic curve يمكن أيجاد المحتوي الرطوبي للتربة وهذه المنحنيات يتم الحصول عليها بمعايرة التربة معمليا.

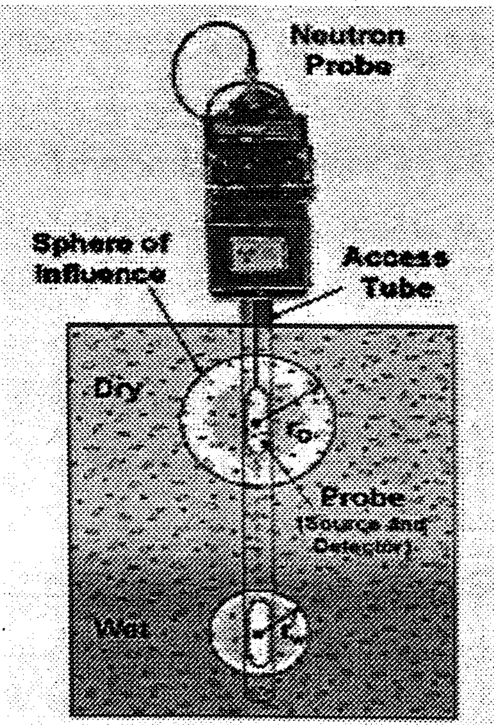
٣- قياس المقاومة الكهربية Electrical resistance

وتعتبر هذه الطريقة غير مباشرة في تقدير الشد الرطوبي للتربة Soil water tension والتي تحول بعد ذلك إلى المحتوي الرطوبي طبقا لمنحنيات الشد الرطوبي للتربة . وهذا الجهاز عبارة عن قطعة من الجبس Gypsum block تحتوي بداخلها علي موصلين كهربيين Two electrodes. فعند وضع قطعة الجبس داخل التربة تنفذ إليها الرطوبة وتصبح رطوبتها مساوية الرطوبة التربة المحيطة بها. ويتم قراءة المقاومة الكهربية بين الموصلين بواسطة جهاز قياس المقاومة الكهربية أوم ميتر Ohmmeter وغالبا ما تتأثر القراءة بمقدار الأملاح الموجودة في التربة ولهذا يتطلب معايرة الجهاز لكل نوع من التربة.

٤- جهاز النيترون Neutron probes

وهي طريقة دقيقة لقياس رطوبة التربة حيث يحتوي الجهاز علي مصدر للنيترونات السريعة Fast neutron source حيث تقوم نواة الهيدروجين في جزئيات الماء الموجودة بالتربة بتفرقة وأبطاء النيترونات الصادرة من الجهاز. ويوجد دلخل الجهاز مجس Sensor لعد النيترونات التي تم إبطائها

بواسطة جزئيات الماء thermalized neutrons في التربة. ويوجد منحنيات لمعايرة الجهاز من المصنع ولكن للحصول علي قياسات دقيقة يجب معايرة الجهاز لكل نوع من التربة.



جهاز النيترون لقياس رطوبة التربة

٥- جهاز نطاق الانعكاس الزمني

Time domain reflectrometer (TDR)

وتعتمد هذه الطرية علي قياس انتشار النبض الكهربي الذي تعتمد علي ثابت العزل الكهربي للتربة Soil dielectric constant . حيث يوجد علاقة مباشرة لكل من المحتوي الرطوبي للتربة والتوصيل الكهربي بثابت العزل الكهربي للتربة. ويقوم الجهاز بتسليط نبضة فرق جهد علي قضيبين كهزبيين داخل التربة. ويقوم الجهاز بقياس سرعة انتشار وسعة الإشارة الناتجة في تقدير المحتوي الرطوبي للتربة.

جهاز قياس الشد الرطوبى (التنسيوميتر) Tensiometer

يتركب التنسيوميتر من أنبوبة شفافة تملأ بالماء ذات طول يختلف باختلاف العمق المراد قياس الشد الرطوبى عنده ويتصل الطرف السفلى من الأنبوبة بإصبع مسامى من السيراميك والطرف العلوى بعداد لقياس الضغط السالب أو التفريغ. ويستعمل الجهاز فى قياس الشد الرطوبى فى التربة لتتبع التغيرات فى رطوبة التربة.

والفكرة الأساسية للجهاز هى إيجاد اتزان بين الشد الممسوك به الماء إلى حبيبات التربة والضغط السالب للماء داخل الجهاز بمعنى إنه إذا امتلأ الجهاز بالماء وأحكم إغلاقه ثم وضع إصبع السيراميك فى التربة فإن الماء سيتحرك من الجهاز إلى التربة حيث الشد الأكبر للمياه مسبباً ضغطاً سالباً يسجل على العداد ويزداد هذا الضغط السالب الناتج عن التفريغ داخل الجهاز كلما زاد الفقد من الماء إلى أن يصل إلى ٠,٨ بار (٨٠ سنتى بار) وعندئذ يفقد الجهاز دقته وحساسيته حيث أن الهواء الموجود فى التربة سينفذ من خلال مسام السيراميك ولذلك فإن استعمال التنسيوميتر محدود بمجال معين من الضغط وهو يتراوح من صفر إلى ٠,٨ بار مما يحدد صلاحيته فى الأراضى الطينية لمدى غير كبير من الماء المتاح للنبات ولكن يكون مناسباً جداً للأراضى الرملية الخفيفة حيث أن معظم الماء الممكن الحصول علية بواسطة النبات يكون فى حدود فروق الضغط الممكن قياسها.

القراءة على الجهاز صفر توضح أن التربة مشبعة وأن معظم جذور النبات ستعانى من نقص الأكسجين. وقراءة العداد فى المدى من صفر-١٠

سنتي بار تدل على وجود فائض فى المياه هذه المياه يتم صرفها بالجانبية فى مدى يوم أو يومين على الأكثر وفى حالة استمرارها يدل على سوء حالة الصرف فى التربة. أما قراءة العداد فى المدى من ١٠-٢٠ سنتي بار تدل على حالة الرطوبة المثلى عند السعة الحقلية للتربة وتوافر الأكسجين أيضاً فى حالة التربة الرملية الخفيفة عند زراعة محاصيل حساسة لنقص الرطوبة مثل البطاطس قد يكون من الأفضل بدء عملية الرى عندما تصل قراءة العداد من ١٥-٢٠ سنتي بار لإعطاء وقت كافى للرى قبل أن يحدث تأثير على المحصول من زيادة الشد الرطوبى. وأما القراءة على العداد من ٢٠-٤٠ سنتى بار فإنه يجب البدء فى عملية الرى فى حالة التربة الرملية الخفيفة من ٢٠-٣٠ سنتى بار بخلاف التربة الرملية الناعمة فيستأنف الرى عند ٣٠-٤٠ سنتى بار. ويستأنف الرى فى حالة التربة المتوسطة القوام عند مدى القراءة من ٤٠-٦٠ سنتى بار. ترتفع إلى المدى٦٠-٨٠ سنتى بار فى حالة التربة ثقيلة القوام

وعموما يمكن استخدام التنسيوميتر بنجاح فى جدولة الرى للتربة التى يستنفذ ٥٠% من الماء المتاح للنبات بها فى خلال نطاق قراءة التنسيوميتر كما يتضح من العلاقة بين الشد الرطوبى والنسبة المئوية للرطوبة المستنفذة من الماء المتاح والمبينة من الشكل (٨-٢).

تركيب وإزالة وتخزين التنسيوميترات

يتم تركيب التنسيوميتر بعمل حفرة بالعمق المطلوب بواسطة ماسورة قطرها نفس قطر التنسيوميتر (نصف بوصة) ثم يصب بعض الماء (٥٠ مل) فى الحفرة ويوضع التنسيوميتر فى الحفرة ويدمك حولها تربة بارتفاع من ٥-٨ سم وذلك لمنع تسرب الماء داخل الحفرة ويجب ألا تؤخذ القراءة إلا بعد مضى حوالى ٣ إلى ٦ ساعات حتى تستقر حالة السريان الهيدروليكى. وعند تخزين التنسيوميترات فى نهاية موسم الزراعة فإنه فى حالة التخزين مدة حوالى أسبوعين يتم نزع التنسيوميتر من التربة وغسيله من التربة بالماء ثم

يوضع فى وعاء مملوء بالماء ويحفظ لحين استخدامه. أما إذا كان المطلوب تخزينه مدة طويلة فإنه ينزع من التربة ويغسل بالماء ثم يخزن دون وضعة فى الماء.

وعند استعماله مرة أخرى يملأ بالماء ثم يوضع فى وعاء من الماء لحين استعماله.

جدولة الرى باستخدام التنسيوميتر

يستخدم التنسيوميتر فى جدولة الرى على نطاق واسع للمحاصيل والأشجار وكذلك للنباتات داخل الصوب فعندما تصل قراءة الشد الرطوبى فى التنسيوميتر الذى يوضع عند عمق مناسب عند قيمة معينة تبدأ عملية الرى.

تحتوى التربة الرملية الخشنة على نسبة كبيرة من المياه المتاحة للنبات عند شد رطوبى أقل من ٨٠ كيلو باسكال (٨٠ سنتى بار) بينما العكس فى التربة الثقيلة القوام ولهذا فإن استخدام التنسيوميتر فى جدولة الرى للتربه الرملية يحقق نجاحا كبيراً وذلك على عكس التربة الطينية الثقيلة وعند اختيار موقع التنسيوميتر فى الحقل يجب أن يكون ممثلاً لنوع التربة وتوزيع المياه فى الحقل. وقد توضع فى الحقل أكثر من مجموعة تنسيوميترات وذلك لظروف الحقل المتباينة من حيث نوع التربة وانتظام توزيع مياه الرى ويجب اختيار موقع التنسيوميترات بحيث يكون بعيداً عن سير المعدات الزراعية والعمال وفى حالة المحاصيل التى تزرع فى خطوط فإن التنسيوميترات عادة توضع داخل الخط (in the row) ويجب عدم كبس التربة بدرجة كبيرة حول التنسيوميتر سواء بالقدم أو بالمعدات الزراعية حيث تتسبب فى تقليل تسرب المياه داخل التربة. ويعتمد عدد التنسيوميترات التى توضع فى نفس الموقع على نوع المحصول ومرحلة نموه فغالبا ما يوضع عدد ٢ تنسيوميتر فى نفس

الموقع يوضع إصبع السيراميك لأحدهما على عمق يساوى ربع عمق الجذور الفعال ويوضع الآخر عند أسفل منطقة الجذور.

ويستخدم التنسيوميتر الأول فى جدولة الرى irrigation scheduling بينما يستخدم التنسيوميتر الأخر(العميق) كمؤشر تسرب المياه تحت الجذورleaching إذا قل عمق منطقة الجذور عن ٥٠ سم كما هو الحال فى الفراولة strawberries أو البطاطس potatoes فإنه يكتفى باستعمال تنسيوميتر واحد ويوضع على عمق يساوى ثلثى عمق الجذور أى تقريبا عند عمق ٣٠سم ومن هنا يتبين معرفة عمق الجذور وانتشارها. والجدول (٨-٤) يعطى بعض القيم لأعماق التنسيوميترات والشد الرطوبى لجدولة الرى لبعض المحاصيل. أعماق التنسيوميترات هى لتربة عميقة ذات حالة صرف جيدة وهى أقصى أعماق يصل لها المحصول وهذه الأعماق هى حسب توصية شركة Irrometer لصناعة التنسيوميترات. الرقم الأول للتربة الخفيفة عند نسبة استنفاد ٥٠% والرقم الثانى للتربة الثقيلة القوام عند نسبة استنفاد ٥٠% وعموما يتراوح الشد الرطوبى للتربة الرملية بين ٠,٢ - ٠,٥ بار.

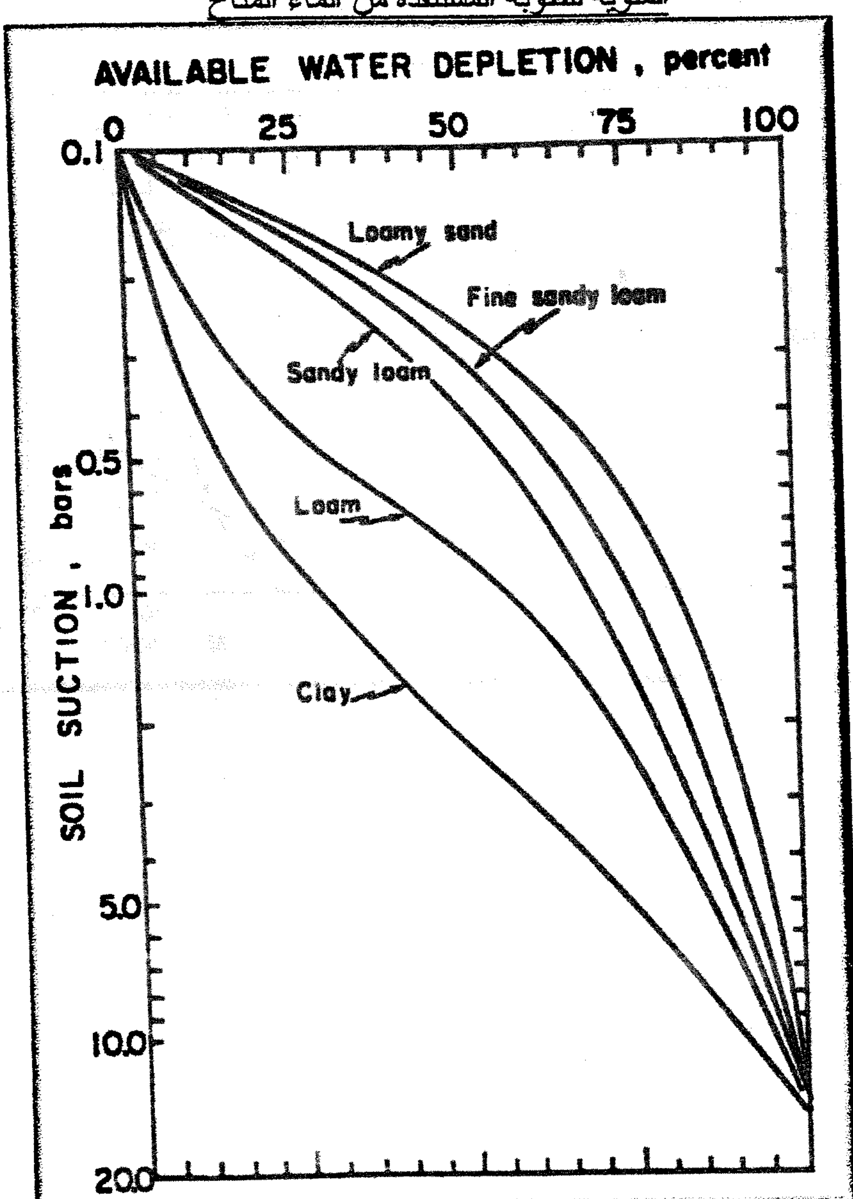
وتعتمد كمية مياه الرى المضافة فى الرية الواحدة على عمق الماء المتاح فى التربة والتغير فى عمق الجذور مع الزمن. لا يقتصر استخدام التنسيوميتر فى جدولة الرى فقط بل يستخدم أيضا كمؤشر لكمية الرى المطلوب إضافتها كما يتضح من الشكل (٨-٣) حيث يوضح قراءات تنسيوميتر موضوع على

عمق ٣٠سم وآخر على عمق ٦٠سم حيث يستخدم التنسيوميتر السطحى الموضوع على عمق ٣٠سم فى جدولة الرى أما التنسيوميتر العميق فيستخدم للتحكم فى التسرب العميق تحت منطقة الجذور. فتتم عملية الرى عندما تصل قراءة التنسيوميتر السطحى ٥٠ سنتى بار (٠,٥ بار) وكما يتضح من الشكل فإن كمية مياه الرى المضافة لا تصل إلى العمق ٦٠سم حيث أن قراءة التنسيوميتر العميق لا تتأثر بالرى ولهذا تم مضاعفة كمية المياه عند الرى فى ٥ أغسطس، ٢٦ أغسطس، ١٦ سبتمبر وفى أثناء الفترة بين الريات نلاحظ أن قراءة التنسيوميتر العميق تزداد تدريجياً مما يدل على إنه لا يوجد فقد فى المياه نتيجة التسرب العميق.

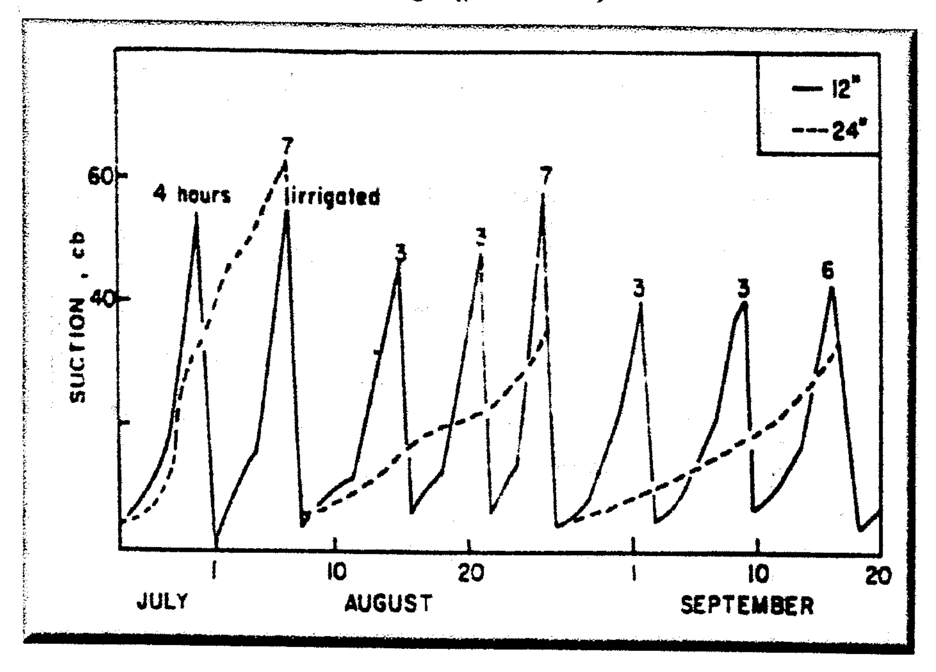
جدول (٨-٤). الاعماق التى توضع عليها التنسيوميترات والشد الرطوبى اللازم لجدولة الرى لبعض المحاصيل.

المحصول	الشد الرطوبى (بار)	عمق التنسيومتر السطحى (سم)	عمق التنسيومتر العميق (سم)
أفوكادو	٠,٥	٣٠	٦٠
البرتقال	٠,٢-١	٤٥	٩٠
البسلة	٠,٣-٠,٥	٤٥	٩٠
البصل	٠,٤٥-٠,٥٥	٣٠	
البطاطس	٠,٣-٠,٥	٢٠-٢٥	٦٠
الجزر	٠,٥٥	٣٠	٦٠
الخس	٠,٤	٣٠	٩٠
الذرة	٠,٥	٤٥	٩٠
الطماطم	٠,٨	٤٥	٩٠
العنب	٠,٤-٠,٥	٦٠	١٢٠
الفاكهة متساقطة الأوراق	٠,٥-٠,٨	٤٥	٩٠
الفراولة (الشليك)	٠,٢-٠,٣	١٥	٣٠
الفول	٠,٧٥	٢٥	٩٠
القرنبيط	٠,٦-٠,٧	٣٠	
القصب	٠,٢٥-٠,٣	٤٥	٩٠
الكانتالوب	٠,٣٥-٠,٤	٤٥	٩٠
الكرنب	٠,٦	٣٠	٥٠
الليمون	٠,٤	٤٥	٩٠
الموز	٠,٣	٣٠	٦٠

شكل (٨-٢) منحنيات الشد الرطوبى حسب نوع التربة بدلالة النسبة المئوية للطوبة المستنفذة من الماء المتاح



شكل (٨-٣) تسجيل قراءة تنسيومترين موضوعين على أعماق ١٢" ، ٢٤" (٣٠، ٦٠سم) مع الزمن



الوقت الحرج للرى

تحتاج الخضروات التى تزرع لأجل أوراقها إلى رى منتظم مع توافر الرطوبة الأرضية وبالقدر المناسب طوال فترة حياتها.أما الخضروات التى تزرع لأجل ثمارها أو بذورها، فإنها تحتاج إلى توفر مياه الرى بصفة خاصة خلال مرحلة عقد الثمار ونموها، نظراً لضعف كفاءة المجموع الجذرى لهذه النباتات خلال تلك الفترة.

وبينما نجد أن نباتاً كالقلقاس يحتاج إلى كميات كبيرة من الماء فإن بعض محاصيل العائلة القرعية يمكن إنتاجها بعليا هذا ويختلف الوقت الحرج للرى من محصول لآخر كالتالى

١ ـ تعد الخضر البذرية والثمرية أحوج ما تكون للرى أثناء الإزهار وعقد الثمار.

٢ ـ تزداد حاجة البطاطس للرى أثناء مرحلة تكوين الدرنات.

٣ ـ تزداد حاجة الفراولة للرى بعد الحصاد لتشجيع تكوين الخلفات ولارتفاع درجة الحرارة أثناء تلك الفترة.

ويجب الاهتمام أيضاً بالرى فى أشجار الفاكهة أثناء الإزهار وعقد الثمار ونموها وفى محاصيل الحبوب تكون الفترة الحرجة هى طرد السنابل وتكوين الحبوب ففى الذرة تكون عند طرد السنابل إلى طرد الحريرة وبوجه عام يمكن القول بأن فترة الرى الحرجة لأى محصول والتى يحتاج فيها إلى توافر الرطوبة بالقدر الكافى هى فترة التزهير والعقد. والعلامات التى قد يسترشد بها المزارع لتحديد مظاهر العطش على النبات هى التفاف أوراق النباتات (الأوراق الشريطية) وذلك لتقليل سطح النبات المعرض للشمس وكذلك اللون الأخضر القاتم فى نباتات البرسيم بينما اللون الأخضر الفاتح يدل على محتوى.

رطوبى جيد وكذلك انحناء الشماريخ الزهرية لنبات عباد الشمس وتهدل الزهرة ناحية الأرض.

مثال على جدولة الرى بالتنقيط

فاكهة متساقطة الأوراق- تروى الشجرة بواسطة ٤ منقطات - تصرف المنقط ٤لتر/ساعة - مسافات الأشجار ٤ x ٣ متر. وبفرض كفاءة رى ٩٠%.

أشهر النمو	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر
ETc مم/شهر	٧١	١٠٧	١١٤	١٢٤	١٤٣	١٦٢	١٥٧	١٠٨
ETc مم/يوم	٢,٤	٣,٦	٣,٨	٤,١	٤,٨	٥,٤	٥,٢	٣,٦
ETc لتر/يوم لكل شجرة	٢٨,٨	٤٣,٢	٤٥,٦	٤٩,٢	٥٧,٦	٦٤,٨	٦٢,٤	٤٣,٢
D متر	٠,٧٥	٠,٧٥	٠,٧٥	٠,٧٥	٠,٧٥	٠,٧٥	٠,٧٥	٠,٧٥
P	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥
AW مم/متر	٦٠	٦٠	٦٠	٦٠	٦٠	٦٠	٦٠	٦٠
Dnمم	٢٢,٥	٢٢,٥	٢٢,٥	٢٢,٥	٢٢,٥	٢٢,٥	٢٢,٥	٢٢,٥
F يوم	٩	٦	٥	٥	٤	٤	٤	٦
Ti ساعة	١٨	١٨	١٦	١٧	١٦	١٨	١٧,٣	١٨
زمن الرى اليومى ساعة	٢	٣	٣,٢	٣,٤	٤	٤,٥	٤,٣	٣

تنظيم جدولة الرى

الحقل: الشهر:

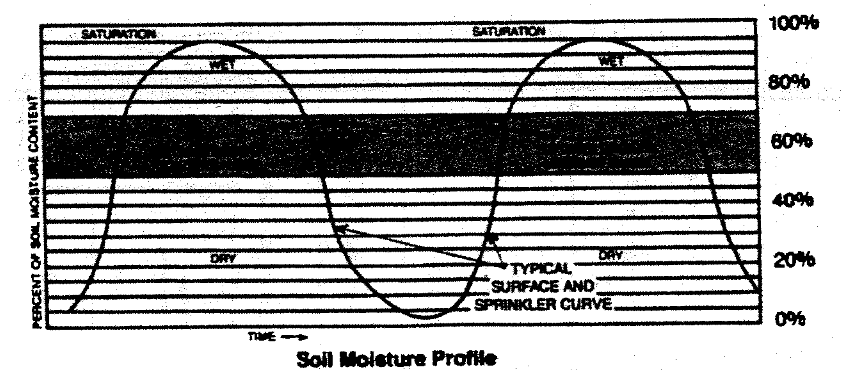
المحصول: التربة:

عمق الجذور: عمق الماء المتاح:

نسبة الاستنفاذ: عمق ماء الرى الصافى /رية:

اليوم	درجة الحرارة العظمى	درجة الحرارة الصغرى	درجة الحرارة المتوسطة	ساعات سطوع الشمس	ETc الاستهلاك المائى المحسوب (مم)	Pe+ عمق ماء المطر (مم)	In+ عمق ماء الرى (مم)	الاتزان المائى للرطوبة في منطقة الجذور (مم) $W_e = W_b + P_e + I_n - ET_c$	ملاحظات
١									
٢									
٣									
٢٥									
٢٦									
٢٧									
٢٨									
٢٩									
٣٠									
٣١									

Drip Irrigation vs. Flood or Sprinkler Irrigation



Soil Moisture Profile

مقارنة الرطوبة في منطقة الجذور خلال الفيرة بين الريات وذلك لنظم الري المسطحي والرش والتنقيط حيث نلاحظ أنه في الري بالتنقيط الرطوبة تعتبر ثابتة عند الحد الأمثل بخلاف الري المسطحي والري بالرش الذي تطول فيه الفترة بين الريات مما يسبب تذبذب الرطوبة في منطقة الجذور.

مثال:

المحصول *برسيم حجازى* شهر الجدولة *يوليو* نوع التربة *سلتية لوميه*

عمق الماء المتاح فى منطقة الجذور *١١٤* مم عمق ماء الرى الصافى **٥٧** مم

سوف نفترض هنا هطول أمطار وذلك على سبيل المثال لبيان طريقة التعامل معها وان الاستهلاك المائى تم حسابه

اليوم	درجة الحرارة المتوسطة	الاستهلاك المائى اليومى مم	عمق المطر مم	عمق ماء الرى المضاف مم	عمق الماء المتاح فى منطقة الجذور مم
					٣٧ من ٣٠/٦ الشهر السابق
١	٢٤,٠	٦,٥			٣١,٥
٢	٢٢,٠	٦,٠			٢٥,٥
٣	٢٣,٠	٦,٣			١٩,٢
٤	٢٥,٠	٦,٨			١٢,٤
٥	٢٣,٠	٦,٣	٦,٥		١٢,٦
٦	٢٤,٠	٦,٥		٥٧	٦,١
٧	٢٤,٠	٦,٥			٥٦,٦
٨	٢٦,٠	٧,٠			٤٩,٦
٩	٢٥,٠	٦,٨			٤٢,٨
١٠	٢٦,٠	٧,٠			٣٥,٨

اليوم	درجة الحرارة المتوسطة	الاستهلاك المائى اليومى مم	عمق المطر مم	عمق ماء الرى المضاف مم	عمق الماء المتاح فى منطقة الجذور مم
١١	٢٤,٠	٦,٥			٢٩,٣
١٢	٢٤,٠	٦,٥			٢٢,٨
١٣	٢٥,٠	٦,٨			١٦,٠
١٤	٢٨,٠	٧,٢			٨,٨
١٥	٢٣,٠	٦,٣		٥٧	٢,٥
١٦	٢٤,٠	٦,٥	٤١,٠		٥٣,٠
١٧	٢٠,٠	٤,٨	٣,٠		*٥٧
١٨	١٩,٠	٤,٠			٥٦,٠
١٩	٢٣,٠	٦,٠			٥٠,٠
٢٠	٢٤,٠	٦,٥			٤٣,٥
٢١	٢٥,٠	٦,٨			٣٦,٧
٢٢	٢٤,٠	٦,٥	٣,٠		٣٠,٢
٢٣	٢٣,٠	٦,٣	٠,٥		٢٦,٩
٢٤	٢١,٠	٥,٣			٢٢,١
٢٥	٢٣,٠	٦,٣			١٥,٨
٢٦	٢٢,٠	٦,٠			٩,٨
٢٧	٢٣,٠	٦,٣		٥٧	٣,٥
٢٨	٢٣,٠	٦,٣			٥٤,٢

اليوم	درجة الحرارة المتوسطة	الاستهلاك المائى اليومى مم	عمق المطر مم	عمق ماء الرى المضاف مم	عمق الماء المتاح فى منطقة الجذور مم
٢٩	٢٤,٠	٦,٥			٤٧,٧
٣٠	٢٤,٠	٦,٥			٤١,٢
٣١	٢٥,٠	٦,٨			٣٤,٤
			٥٤	١٧١	٣٤,٤

٩

قياس تصرف المياه

Water Measurement

قياس المياه water Measurement

من أهم وسائل إدارة المياه هى قياسها. فالمزارع أو المهندس يمكنه قياس المياه بطرق عديدة وللاستفادة من بيانات قياس المياه يجب الإلمام بحسابات قياس المياه.

وحدات قياس المياه Units of Water Measurement

ييوجد حالتين لقياس المياه حالة السكون rest وحالة الحركة motion . فالمياه تقاس بوحدات الحجم volume units فى حالة السكون وتقاس بوحدات التصرف glow or discharge فى حالة الحركة.

الحجم Volume

وحدات الحجم Volume units تصف مقدار الحيز الذى تشغله كمية من المياه. فالمياه فى الخزانات والبرك مثال للمياه فى حالة السكون.

والوحدات الشائعة للحجم هى اللتر أو المتر المكعب وذلك فى النظام المترى أو الدولى وهى تساوى

١ لتر = ١٠٠٠ سم^{٣}

١م^{٣} = ١٠٠٠ لتر

وقد يقاس حجم المياه أيضا بالمليون متر مكعب أو المليار متر مكعب وهى تساوى

١ مليون متر مكعب = ١٠^{٦} م^{٣}

١ مليار متر مكعب = ١٠^{٩} م^{٣}

ومن الجدير بالذكر أنه قد يطلق على المليار بليون والمليار يساوى البليون أما فى النظام الإنجليزى أو الأمريكى فإن وحدات الحجم يعبر عنها بالجالون أو الأيكرو بوصة أو الأيكر قدم أو القدم المكعب وهى تساوى أيكر – بوصة Acre-inch وهو حجم الماء الذى يغطى مساحة واحدة إيكر بسمك واحد بوصة حيث أن الأيكر يقابل تقريبا الفدان (أيكر = ٤,٤٧ متر مربع) أما الفدان = ٤٢٠٠ متر مربع

إيكر – قدم Acre foot هو حجم المياه الذى يغطى مساحة واحد إيكر لعمق واحد قدم

القدم المكعب cubic foot وهو كمية المياه التى تشغل وعاء عرضه ١ قدم وطوله ١ قدم وارتفاعه ١ قدم أى مكعب طوله ضلعه ١ قدم

التصرف Flow

ومثال المياه فى حالة الحركة هو التصرف من المضخات (الطلمبات) أو الأنهار والترع والتصرف من الرشاشات والبوابات وأنابيب السيفونات وخطوط الأنابيب (المواسير). ووحدات التصرف الشائع استخدامها فى الرى

هى اللتر/ثانية. أو المتر مكعب/ثانية أو المتر المكعب/ساعة . أو المليون متر مكعب فى اليوم. فهذه الوحدات تمثل الحجم المار فى وحدة الزمن وهى تساوى

١ لتر/ثانية = ٣,٦ م^{٣}/ساعة

١ م^{٣}/ث = ٠,٠٨٦٤ مليون متر مكعب/يوم (اليوم = ٨٦٤٠ ثانية)

مليون متر مكعب فى اليوم = ١١,٥٧٤ م^{٣}/ث

أما التصرف فى النظام الإنجليزى والأمريكى فيعبر عنه بالوحدات الآتية

جالون فى الدقيقة Gallons per minute (gpm) وهو التصرف اللازم لملئ وعاء سعته ١ جالون فى زمن ١ دقيقة

قدم مكعب فى الثانية Cubic foot per second (cfs) وهو كمية المياه التى تسرى فى مجرى عرضة ١ قدم وعمقه ١ قدم بسرعة قدرها ١ قدم فى الثانية

ومن الوحدات المكافئة ما يلى

١ قدم مكعب = ٧,٤٨ جالون

١ جالون = ٣,٧٨٥ لتر

قدم مكعب/ثانية = ٤٤٩ جالون/دقيقة

لتر/ث = ١٥,٨٥ جالون/دقيقة

م^{٣}/ساعة = ٤،٤ جالون/دقيقة

الهكتار = ١٠٠٠٠ م^{٢}

الإيكر = ٤٠٤٧ م^{٢}

الفدان = ٤٢٠٠ م^{٢}

الدونم = ١٠٠٠ م^{٢}

الميل = ٥٢٨٠ قدم

الميل = ١,٦١ كيلو متر

كيلو متر = ١٠٠٠ متر

البوصة = ٢,٥٤ سم

المتر = ٣,٢٨٠ قدم

مثال

حقل طوله ١٢٠ متر وعرضه ٢٠ متر وكان فرق قراءة عداد المياه ٢٤٠ متر مكعب . أوجد سمك (عمق) المياه المضافة للحقل.

الحل

قراءة عداد المياه بالحجم وحيث أن

الحجم = المساحة × عمق المياه

٢٤٠ م^{٣} = (١٢٠ م × ٢٠ م) × عمق المياه

عمق المياه = ٢٤٠ / (١٢٠ × ٢٠) = ٠,١ متر أى ١٠ سم ماء

مثال

إذا كان الاحتياج المائى للفدان فى اليوم هو ٣٤ متر مكعب فى اليوم فكم عمق ماء الرى المطلوب للفدان بالمم

الحل

حجم الماء فى اليوم = المساحة × عمق الماء فى اليوم

٣٤ م^{٣} = ٤٢٠٠ م٢ × عمق الماء فى اليوم

عمق الماء فى اليوم = ٣٤ م^{٣} / ٤٢٠٠ م^{٢} = ٠,٠٠٨ متر/يوم

= ٨ مم/يوم

مثال

طلمبة تصرفها ٢٥ لتر/ث كم ساعة يستغرق رى الفدان إذا كان المطلوب للفدان هو ٣٥٠ متر مكعب مياه

الحل

تصرف الطلمبة = الحجم / الزمن

ولتجانس الوحدات يجب تحويل تصرف الطلمبة من لتر/ث إلى م^{٣}/س كما يلى

تصرف الطلمبة م^{٣}/س = ٢٥ لتر/ث × ٣,٦ = ٩٠ م^{٣}/س

□ ٩٠ م٣/س = ٣٥٠ م^{٣} / الزمن

الزمن = ٣٥٠ / ٩٠ = ٣,٩ ساعة ≃ ٤ ساعات

مثال

رشاش تصرفه ١,٥ م٣/س يروى مساحة قدرها ١٢ × ١٢ متر فما هو معدل الرش (أى عمق المياه فى الساعة)

الحل

حجم المياه فى الساعة = المساحة × عمق الماء فى الساعة

عمق الماء فى الساعة = حجم المياه فى الساعة / المساحة = ٠,٠١ م/س

١,٥ م^{٣}/س / (١٢ × ١٢) = ١٠ مم/س

مثال

رصيد مصر من مياه النيل سنويا هو ٥٥,٥ مليار متر مكعب . احسب ما يخص الفدان منها إذا كانت المساحة المنزرعة ٨ مليون فدان

الحل

حجم المياه = المساحة بالفدان × كمية المياه للفدان

٥٥,٥ × ١٠^{٩} = ٨ × ١٠^{٦} × كمية المياه للفدان

كمية المياه للفدان = (٥٥,٥ × ١٠^{٩}) / (٨ × ١٠^{٦}) = ٦٩٣٧,٥ م^{٣}

أى يمكن القول بصفة عامة بأن الفدان يستهلك ٧٠٠٠ م^{٣} مياه سنويا.

مثال

محطة رفع فى منطقة يستخدم بها رى متطور بها ١٠ وحدات رفع منهم ٢ احتياطى تصرف الوحدة الواحدة ١ مليون متر مكعب فى اليوم. أوجد المساحة القصوى التى يمكن أن تخدمها هذه المحطة علما بأن احتياجات الرى للفدان هى ٣٤ متر مكعب للفدان فى اليوم.

الحل

المساحة التى تخدمها محطة الرفع = حجم المياه التى ترفعها فى اليوم / حجم المياه المطلوب للفدان فى اليوم

المساحة التى تخدمها محطة الرفع = (٨ وحدات × ١ × ١٠^{٦}) / ٣٤ م^{٣}

= ٢٣٥٢٩٤ فدان

فى المثال السابق نفترض أن الوحدة الواحدة تعمل لمدة ٢٤ ساعة فى اليوم لتعطى كمية مياه قدرها ١ مليون متر مكعب فى اليوم أ/ا إذا كانت تعمل ١٨ ساعة فى اليوم مثلا فإنها لا تعطى ١ مليون متر مكعب فى الويم بل تعطى ٧٥% من هذا التصرف أى ٠,٧٥ مليون متر مكعب وهكذا لباقى الوحدات ولهذا فإنه فى محطة مثل هذه يتم تسجيل عدد ساعات التشغيل للوحدات ولهذا فإنه فى محطة مثل هذه يتم تسجيل عدد ساعات تشغيل المحطة هو ٢٤ × ٨ = ١٩٢ ساعة . أما إذا تعطلت بعض الوحدات فى أثناء اليوم فإن عدد الساعات تقل بمقدار زمن العطل فقد تبلغ المحطة عدد ساعات التشغيل ٩٦ ساعة مثلا فهذا معناه أن التصرف يكافئ ٩٦ / ٢٤ = ٤ وحدات تعمل ٢٤ ساعة.

مثال:

محطة رفع تصرف الوحدة الواحدة بها ١ مليون متر مكعب فى اليوم. أبلغ مهندس محطة الرفع بأن التشغيل فى يوم ما كان ٧٢ ساعة . فاحسب كمية المياه التى قامت المحطة برفعها

الحل

كمية المياه التى قامت المحطة برفعها = تصرف الوحدة فى اليوم × $\frac{\text{ساعات التشغيل}}{٢٤}$

$$= ١ \times ١٠^{٦} \text{م}^{٣} \times \frac{٧٢}{٢٤} = ٣ \times ١٠^{٦} \text{م}^{٣}$$

قياس تصرف المياه

تختلف طريقة قياس المياه سواء فى القنوات المكشوفة أو الأنابيب حسب الدقة المطلوبة والتكلفة والسهولة وتوافر الأجهزة ونوع المياه (مدى وجود شوائب) والضغط المتاح استنفاذه.

تعتمد طريقة قياس التصرف فى الأنابيب على إحداث فاقد فى الضغط يحول إلى طاقة سرعة وذلك عن طريق اعتراض السريان إما بإحداث اختناق فى الأنبوبة venturi أو وضع فتحة ضيقة Orifice ويحسب التصرف من قراءة الفاقد فى الضغط h والذى يتساوى مع طاقة السرعة كما يلى

$$h = \frac{v^2}{2g} \qquad v = \sqrt{2gh}$$

حيث أن التصرف Q يساوى السرعة (v) × مساحة مقطع الأنبوبة (A)

$$Q = A . V$$

$$= A \sqrt{2\,gh}$$

ويضاف على هذه المعادلة معامل التصرف C حيث أنه عند مرور المياه خلال الفتحة يقل مسافة مقطع السريان عن المقطع النظرى المحسوب فتصبح كما يلى

$$Q = C A \sqrt{2\,gh}$$

أما طريقة قياس التصرف فى القنوات المكشوفة فتتم بإحداث ضيق فى المجرى constriction للحصول على السرعة الحرجة critical velocity ويختلف السريان فى القنوات المكشوفة عن السريان فى الأنابيب فى أن الضاغط فى الأنابيب (١) يقابله عمق المياه أو عمق السريان فى القنوات المكشوفة ومساحة مقطع السريان فى الأنابيب A هى ثابتة بصرف النظر عن قيمة الضغط وهى مساحة الدائرة الثابتة القطر أما فى القنوات المكشوفة فإن مساحة السريان دالة فى عمق المياه (h) فبزيادة عمق المياه تزيد مساحة السريان أى أنها متغيرة وليست ثابتة وعلى ذلك فإن معادلة التصرف السابقة فى حالة الأنابيب يمكن استخدامها فى حالة القنوات المكشوفة ولكن بالتعويض عن مساحة السريان A بدلالة عمق المياه h فعند فرض أن مساحة السريان مستطيلة وأن عرض المستطيل L فإن معادلة السريان تصبح كما يلى

$$Q = C L h \sqrt{2\,gh}$$

$$Q = C L \sqrt{2g}\; h^{3/2}$$

وهذه هى معادلة التصرف فوق الهدارات weirs التى تستخدم لقياس التصرف فى القنوات المكشوفة . ونلاحظ الفرق هنا بين معادلة التصرف فى الفتحات للأنابيب والهدارات فى القنوات المكشوفة حيث أن أس الضاغط يساوى ½ أما فى الهدارات فهو يساوى 2/3 نتيجة مساحة مقطع السريان المتغيرة بدلالة عمق السريان h الذى يقابل الضاغط فى الأنابيب.

إذا لم يتوافر لدى المزارع أجهزة قياس المياه فى الأنابيب مثل عدادت المياه Propeller Flow Meters وفى القنوات المكشوفة مثل الهدارات Weirs أو العبارات Flumes فانه يوجد بعض الطرق التى يمكن عن طريقها تقدير التصرف والتى تستخدم بعض الأدوات البسيطة المتوافرة مثل الساعة Stop Watch والمسطرة Ruler والإناء (جركن أو جردل) Buckets.

أولا: قياس التصرف خلال الأنابيب Discharge From Pipe

سوف نستعرض هنا الطرق الحقلية البسيطة ومنها طريقة الأحداثيات والطريقة الحجمية والطرق الدقيقة ذات التكلفة والتى تحتاج الي تجهيزات لاتمام عملية القياس مثل مقاييس الفتحات بأنواعها المختلفة وأنبوبة بيتوت.

١- طريقة الأحداثيات Coordinate or Trajectory method

إذا كانت الماسورة تصب المياه مباشرة فى الهواء كما هو الحال فى الطلمبات البحارى التى ترفع المياه للمساقى والمراوى والمنشرة على الترع وكذلك من طلمبات الآبار فان قياس تصرف المياه لا يتطلب أكثر من مسطرة.

فإذا كانت الماسورة ممتلأة تماما بالمياه Flowing Full فانه يتم وضع المسطرة بمحاذاة الماسورة كما فى الشكل (١) ويتم قياس المسافة الأفقية بطول الماسورة X وما يقابلها من المسافة الرأسية Y ولذلك تسمى هذه الطريقة بطريقة الإحداثيات Coordinate Method وقد يطلق عليها أيضا طريقة بوردو Purdue Trajectory Method.

ونفترض هذه الطريقة أن مركبة السرعة الأفقية لنفث المياه الخارجة من حافة الماسورة ثابتة والقوة المؤثرة على قطرة المياه تقذف من الماسورة هى الجاذبية فقط. فعند زمن قدره t فان قطرة المياه عند السطح العلوى لتيار المياه سوف تقطع مسافة أفقية قدرها X مقاسه من مخرج الماسورة ويساوى

$$x = v_0 t$$

حيث أن v_0 هى السرعة عند مسافة X تساوى صفرا وعند نفس الزمن t فان قطرة المياه تكون قد قطعت مسافة رأسية قدرها Y وتساوى

$$y = 1/2\, gt^2$$

ويمكن استنتاج العلاقة السابقة من القانون الثانى لنيوتن وهو مساواة الوزن بالكتلة مضروبة فى العجلة وذلك فى الاتجاه الرأس كما يلى:

$$mg = m\ddot{y}$$

$$\ddot{y} = g$$

ويتكامل العجلة تحصل على مركبة السرعة الرأسية

$$\dot{y} = gt$$

ويتكامل مركبة السرعة الرأسية تحصل على المسافة الرأسية

$$Y = 1/2\, gt^2$$

وبحذف t من معادلتى X , Y نحصل على معادلة السرعة

$$Vo = x\frac{\sqrt{g}}{\sqrt{2Y}}$$

حيث أن التصرف يساوى السرعة مضروبة فى مساحة مقطع الماسورة

$$Q = a.v_o$$

$$Q = \frac{a \times \sqrt{g}}{\sqrt{2Y}}$$

وغالبا يؤخذ معامل التصرف C يساوى واحد صحيح وعلى ذلك تكون وحدات المعادلة السابقة هى:

Q: التصرف م٣/ث

X: المسافة الأفقية بالمتر

Y o: المسافة الرأسية بالمتر

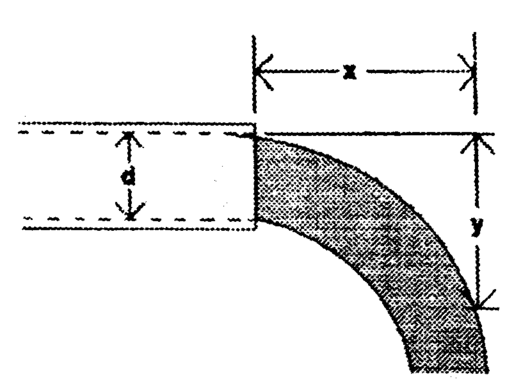
A: مساحة مقطع الماسورة متر مربع وتساوى

$$a = \frac{\pi}{4} d^2$$

حيث d: القطر الداخلى للماسورة بالمتر

بعض الأعتبارات التي يجب توافرها عند أستخدام هذه الطريقة:-

- يجب ألا يقل طول الماسورة عن ٦ أمثال القطر الداخلى
- يجب أن تكون الماسورة أفقية
- عدم وجود أى شطف فى نهاية الماسورة



شكل رقم ١: قياس المسافة الأفقية (X) والمسافة الرأسية (Y) لماسورة ترى بها المياه وكاملة الأمتلاء Flowing Full

وبالتعويض فى المعادلة السابقة عن عجلة الجاذبية g تساوى ٩،٨١ م/ ب٢ والقطر الداخلى للماسورة d بالمم والمسافة الأفقية x بالمتر والمسافة الرأسية Y بالمتر ينتج التصرف بوحدات متر مكعب ساعة كما يلى :

$$Q = \frac{0.00626\, d^2\, x}{\sqrt{Y}}$$

حيث:

Q : م٣/س

d : مم

X : متر

Y : متر

وعندما تكون الماسورة رأسيا وتصب مياها لأعلى كما يحدث فى بعض الآبار فيمكن إيجاد التصرف فى هذه الحالة بغرض معادلة الفتحات J et Flow وهى صحيحة إذا ارتفاع المياه رأسيا يزيد عن ١,٤ قطر الماسورة ويحسب كما يلى:

$$Q = \mathrm{ca}\sqrt{2\mathrm{g}\,\mathrm{H}}$$

$$= \mathrm{c}\frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{2gH}$$

وبالتعويض عن:

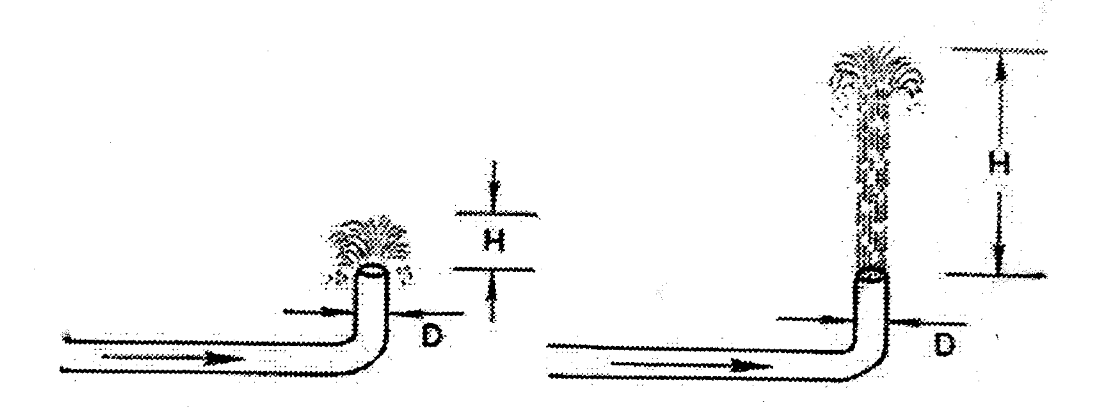
Q: التصرف م٣/ س

C: معامل التصرف يؤخذ مساويا ٠،٩

D: القطر الداخلى للماسورة بالمم

G: عجلة الجاذبية ٩،٨١ م/ ث٢

H: الارتفاع الرأسى للمياه عن حافة الماسورة بالمتر



$$Q = 0.01125\, D^{2}\, H^{0.5}$$

والشكل رقم ٢ يوضح التصرف من الماسورة الرأسية

الماسورة أفقية ولكن غير ممتلئة بالماء (طريقة كاليفورنيا)

عندما تكون الماسورة أفقية وتصرف المياه من نهايتها فى الهواء بحرية ولكن غير كاملة الأمتلاء بالماء Partially–Filled تستخدم ما تسمى بطريقة كاليفورنيا California Pipe Method فى إيجاد التصرف. وهذه الطريقة تستخدم أيضا فى قياس تصرف المياه فى القنوات المكشوفة الصغيرة بحيث يمر التصرف عبر الماسورة الأفقية الغير كاملة الأمتلاء وتصرف مياهها بحرية فى الهواء ويوضح شكل ٣ هذه الطريقة حيث أن المطلوب قياسه فى هذه الطريقة هو القطر الداخلى للماسورة d والمسافة الرأسية بين الحافة الداخلية لطرف الماسورة وسطح المياه داخلها a وتستخدم المعادلة التجريبية التالية للحصول على التصرف

$$Q = 0.0006127\left(1 - \frac{a}{d}\right)^{1.88} d^{\,2.48}$$

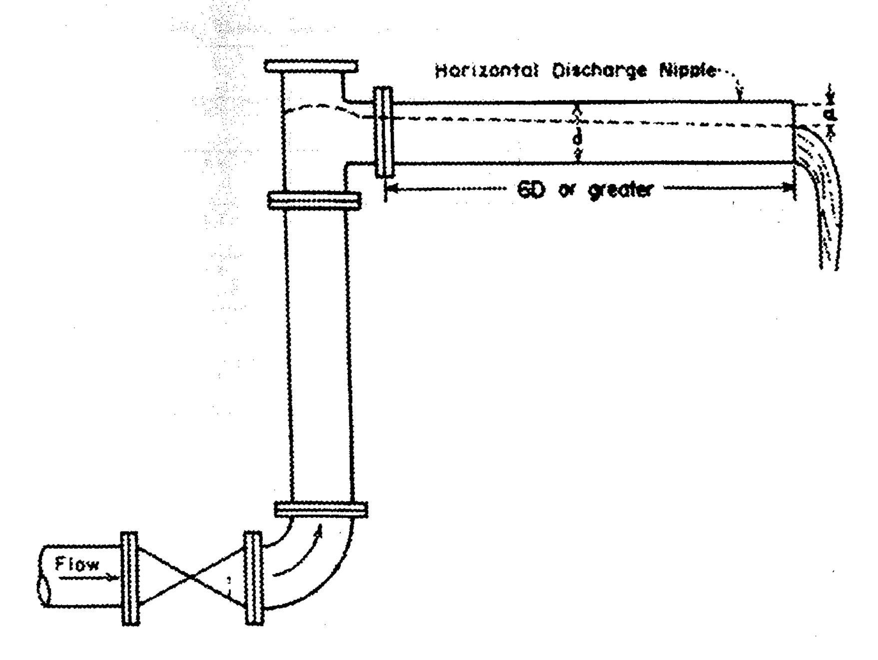
حيث:

Q: التصرف م^{3}/س

a: المسافة بالمم مقاسة من نهاية الماسورة بين السطح العلوى الداخلى للماسورة وسطح المياه.

d: القطر الداخلى للماسورة بالمم.

المعادلة السابقة استنتجت من تجارب على مواسير أقطار من ٣ إلى ١٠ بوصة وفى تجارب قامت بها وزارة الزراعة الأمريكية تبين أن المعادلة لا تعطى نتائج دقيقة عندما نقل النسبة $\frac{a}{d}$ عن ٠,٥ أى عندما يزيد عمق الماء فى الماسورة عن نصف قطر الماسورة .



شكل ٣: قياس التصرف بطريقة كاليفورنيا

ولأهمية تقدير التصرف فى حالة عدم امتلاء الماسورة فإن جدول ١ يعطى قيم تقريبية للتصرف بالمتر مكعب/ ساعة عند أقطار مواسير مختلفة من ٤ إلى ١٢ بوصة وذلك عند نسب امتلاء مختلفة $\frac{a}{d}$ حيث تمثل نسبة المسافة من حافة الماسورة الداخلية إلى سطح الماء داخل الماسورة منسوبة إلى قطر الماسورة فعندما تساوى هذه النسبة الواحد الصحيح فإن ذلك يعنى أن الماسورة ممتلئة بنسبة ٩٠% من المساه وهكذا.

جدول ١: التصرف التقريبى (م٣/ س) للمواسير الأفقية الممتلئة جزئيا بالمياه والتى تصب مياهها بحرية فى الجو

النسبة $\frac{a}{d}$	القطر الداخلى لماسورة بالبوصة				
	٤	٦	٨	١٠	١٢
٠,١	٣٢	٧٦	٨٦	٢٠٧	٢٩٨
٠,٢	٢٩	٦٩	١١٩	١٨٨	٢٦٩
٠,٣	٢٥	٦٠	١٠٤	١٦٤	٢٣٥
٠,٤	٢١	٥٠	٨٧	١٣٨	١٩٧
٠,٥	١٧	٤٠	٦٩	١٠٩	١٥٧
٠,٦	١٢	٣٠	٥١	٨١	١١٦
٠,٧	٨	٢٠	٣٥	٥٥	٧٨
٠,٨	٥	١١	١٩	٣٠	٤٤
٠,٩	٢	٤	٧	١٢	١٧
١	٠	٠	٠	٠	٠

الطريقة الثانية: متوسط القطاع Average cross-section

يمكن تقدير التصرف فى الترع والمساقى كما هو موضح فى شكل ٤ بواسطة قياس الزمن التى تقطعه العوامة. وتتم هذه العملية بقياس مسافة بين قطاعين فى المجرى حوالى ١٥ إلى ٣٠ متر. حيث أن التصرف يساوى مساحة مقطع السريان مضروبا فى سرعة المياه المتوسطة.

ويتم تقدير مساحة القطاع كالآتى:

مساحة مقطع القطاع = $\frac{\text{عرض قطاع المجرى + عرض سطح المجرى}}{٢}$ × عمق الماء فى المجرى

وتعطى هذه الطريقة دقة قدرها ± ٢٠% للمجارى الطبيعية ودقة قدرها ± ١٠% للمجارى المبطنة.

وتحسب السرعة من قطع العوامة (زجاجة مملوءة جزئيا بالمياه) المسافة فى الزمن المقاس. ويحسب التصرف كالآتى:

التصرف = مساحة المقطع × السرعة × معامل السرعة

ومعامل السرعة يؤخذ مساويا ٠,٨ وذلك لأن سرعة العوامة على السطح لا تمثل سرعة المياه المتوسطة لأن سرعة المياه فى جوانب المجرى والقاع تكون أقل منها فى حالة سرعة سطح المياه.

سرعة العوامة = المسافة بين القطاعين بالمتر / الزمن الذى تستغرقه العوامة بالثانية

السرعة المتوسطة للمياه = سرعة العوامة × ٠,٨

التصرف = مساحة القطاع العرضى × السرعة المتوسطة للمياه

مثـال:

ترعة عرض القاع لها ٢ متر وعرض سطح المياه لها ٣ متر وعمق المياه ١ متر قطعت العوامة مسافة ٣٠ متر فى زمن ٣٣ ثانية. احسب التصرف.

الحـل

مساحة المقطع = (٢ + ٣) / ٢ × ١ = ٢,٥ م^{٢}

سرعة العوامة = ٣٠ / ٣٣ = ٠,٩١ م/ث

السرعة المتوسطة للمياه = ٠,٩١ × ٠,٨ = ٠,٧٢٨ م/ث

التصرف = ٢,٥ × ٠,٧٢٨ = ١,٨٢ م^{٣}/ث

الطريقة الثالثة: الطريقة الحجمية Timed Volume

يمكن فى هذه الطريقة استخدام وعاء معلوم الحجم طبقا لظروف القياس كأن يكون حوض أو جردل أو جركش أو برميل ثم يسجل زمن ملئ الوعاء. يوضح شكل ٥ طريقة قياس تصرف سيفون باستخدام جردل ويمكن

أيضا فى حالة تقدير تصرف الرشاشات استخدام خرطوم لتوجيه تصرف الرشاش إلى الجردل أو الجركش ويمكن أيضا فى حالة تقدير تصرف النقاطات emitters استخدام كأس أو زجاجة مياه وذلك حسب قيمة التصرف.

مثـال:

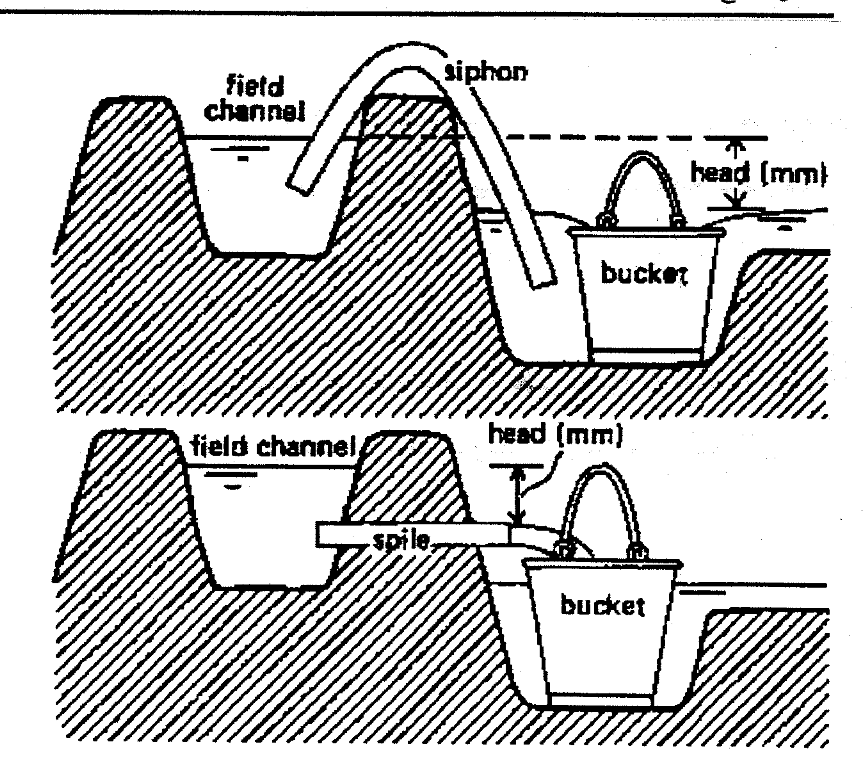
تصرف رشاش استخدم خرطوم لوضع على فونية الرشاش وتوجيه المياه من الرشاش إلى جركش سعته ٢٠ لتر ووجد أن زمن ملئ الجركش ٤٧ ثانية. أوجد التصرف.

الحـل

التصرف = الحجم / الزمن =

= ٢٠ لتر / ٤٧ ثانية × ٦٠ ثانية / ١ دقيقة × ٦٠ دقيقة / ١ ساعة × م^{٣} / ١٠٠٠ لتر = ١,٥٣ م^{٣}/ث

مع ملاحظة أن التصرف الكلى يساوى تصرف السيفون أو الرشاش الواحد فى عدد السيفونات أو الرشاشات الموجودة على الخط.



شكل ٥: الطريقة الحجمية لتقدير تصرف السيفون باستخدام جردل وساعة إيقاف

الطريقة الرابعة: قياس الضغط وقطر الفوهة Pressure and nozzle size

تتلخص هذه الطريقة فى قراءة قطر فوهة الرشاش التى تحفر عادة على فوهة الرشاش وفى حالة تعذر معرفتها يمكن قياسها بواسطة القدمة ذات الورنية أو بواسطة استعمال بنط المثقاب فكما نعلم بأن بنط المثقاب يكتب عليها قطرها وباختبار البنطة التى يتساوى قطرها مع قطر الفوهة يمكن معرفة قطر فوهة الرشاش مع العلم بأن ١ بوصة = ٢٥,٤مم وأرقام البنط تكون أجزاء من البوصة. ويقاس ضغط تشغيل الرشاش بوضع عداد ضغط مزود بأنبوبة طرفية رفيعة توضع على فوهة الرشاش كما هو موضح بالشكل

٦ وبقراءة ضغط التشغيل يمكن معرفة تصرف الرشاش أما بواسطة استخدام الجداول الخاصة بأداء الرشاشات.

$$q = c\frac{\pi}{4}d^2\sqrt{2gh}$$

وبوضع معامل الفتحة يساوى ٠,٩٥ وبالتعويض عن g عجلة الجاذبية تساوى ٩,٨١ م/ ث٢ وتحويل الوحدات نحصل على المعادلة فى الصورة:

$$q = 0.0119\,d^2\sqrt{h}$$

حيث q: تصرف فونية الرشاش م٣/ س

d: قطر فونية الرشاش بالمتر

h: ضاغط تشغيل الرشاش بالمتر

فإذا كانت قراءة عداد الضغط بالضغط الجوى بوحدات كيلو جرام/ سم٢ أو بوحدات بار فيمكن تحويلها إلى وحدات ضاغط أى ارتفاع عمود المياه كالآتى:

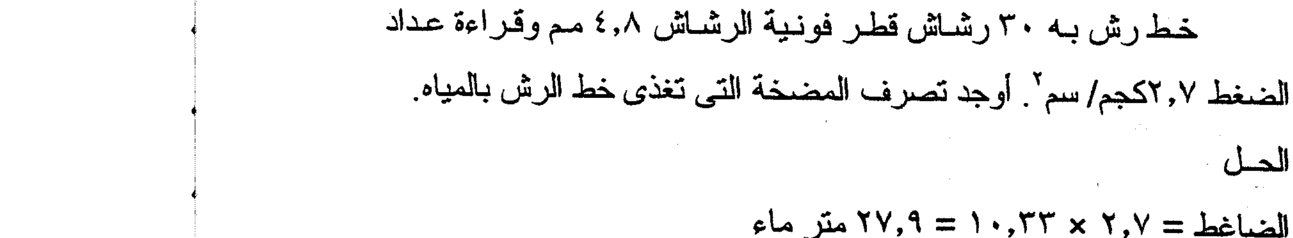
١ ضغط جوى = ١ كجم/ سم٢ = ١ بار = ١٠,٣٣ متر ماء (ضاغط)

أى أن كل ١ ضغط جوى يعادل ارتفاع عمود ماء (ضاغط) ١٠,٣٣ متر أما إذا كانت قراءة العداد بالوحدات الإنجليزية باوند/ البوصة المربعة فإن:

١ ضغط جوى = ١٤,٧ باوند/ بوصة٢ (رطل/ بوصة٢)

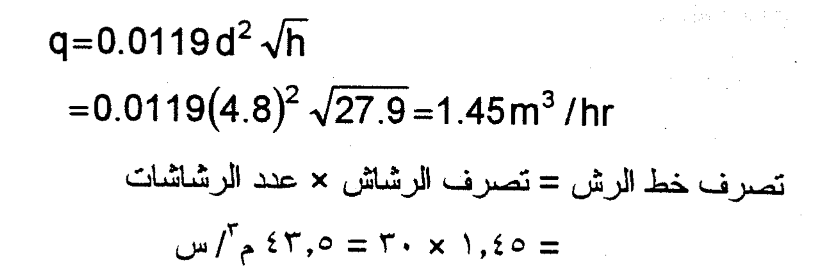
مثـال:

خط رش بـه ٣٠ رشاش قطر فونية الرشاش ٤,٨ مم وقراءة عداد الضغط ٢,٧كجم/ سم^{٢}. أوجد تصرف المضخة التى تغذى خط الرش بالمياه.



الحل

الضاغط = ٢,٧ × ١٠,٣٣ = ٢٧,٩ متر ماء



$$q=0.0119\,d^2\sqrt{h}$$

$$=0.0119(4.8)^2\sqrt{27.9}=1.45\,m^3/hr$$

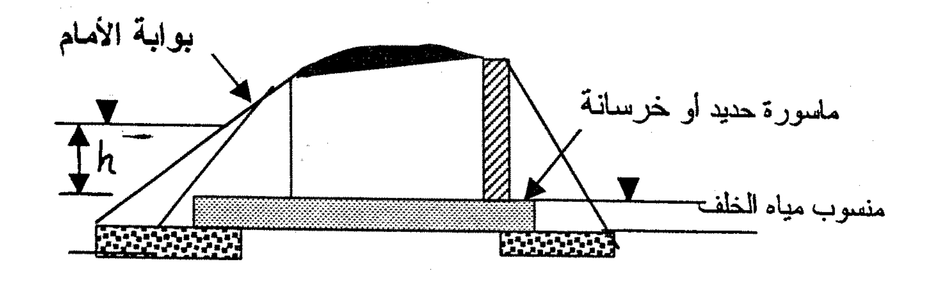
تصرف خط الرش = تصرف الرشاش × عدد الرشاشات

= ١,٤٥ × ٣٠ = ٤٣,٥ م^{٣}/ س

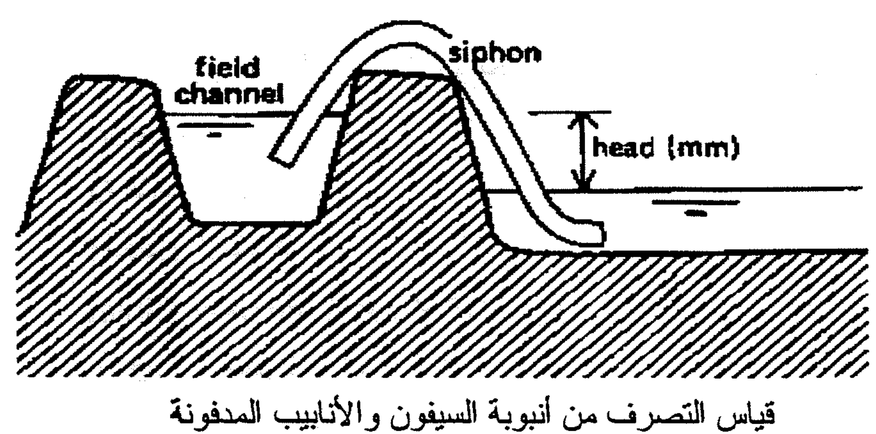
التصرف خلال فتحات الري Irrigation Outlets

ونقصد بفتحات الري التصرف خلال المواسير المغمورة والتي قد تغذى االمساقى ويطلق عليها فتحات المواسير (ماسورة ديبوي) كما في الشكل.

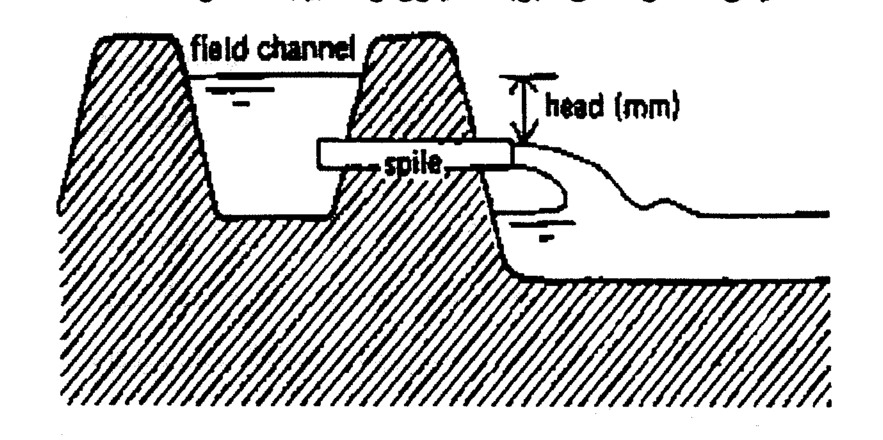
أما المواسير التي تغذي الحقل سواء الأحواض أو الخطوط فيطلق عليها السيفونات أو المواسير المدفونة Syphons or Spiles كما فى الشكل.



شكل . فتحه ماسورة ديبوي لتغذية المساقي



قياس التصرف من أنبوبة السيفون والأنابيب المدفونة



ويمكن تعيين التصرف من هذه الفتحات بمساوات فرق التوازن h بين منسوب المياه في الأمام والخلف وغالبا مايؤخذ مساويا ٠,٢٥ سم لفتحات الري وذلك بمجموع الفواقد وهى فاقد الدخول ومعامله ٠,٥٠ وفاقد الخروج ومعامله ١,٠ أما الفاقد في الأحتكاك داخل الماسورة فيعتمد معامل الأحتكاك f علي نوع مادة الماسورة وغالبا تتراوح قيمة معامل الأحتكاك f بين 0.02– 0.04 ويمكن صياغة المعادلة كما يلي:

$$h=\frac{v^2}{2g}\left(C_{inlet}+f\frac{L}{d}+C_{outlet}\right)=\frac{v^2}{2g}\left(1.5+f\frac{L}{d}\right)$$

$$Q = v\frac{\pi}{4}d^2$$

حيث h فرق التوازن بين الأمام والخلف (متر)

V سرعة المياه (م/ ث)

Q التصرف (م٣/ث)

f معامل الأحتكاك

Cinlet معامل فاقد الدخول = ٠,٥

Coutlet معامل فاقد الخروج = ١,٠

L طول الأنبوبة (متر)

d قطر الماسورة

g عجلة الجانبية ٩,٨١ م/ث٢

وفي حالة فتحات ديبوي Dupuis تكون طول الماسورة الأفقية ١٠ متر ومنسوب المياه في الترعة يعلو الراسم العلوي للماسورة بمقدار ٢٥ سم ومنسوب المياه خلف الماسورة يكون مع مستوي راسمها العلوي. والمقنن المائي ٥٠ م٣/فدان.يوم (١٢ مم/يوم = ٢ م٣/ساعة.فدان). ومتوسط معامل الأحتكاك ٠,٠٣ . بأخذ كل هذه الأفتراضات والتعويض بها في المعادلة السابقة يمكن الوصل الي المعادلة البسيطة التالية لحساب قطر الفتحة.

قطر الفتحة d بالسم = ٤ سم + ٢ الجذر التربيعي للزمام بالفدان Area

$$d = 4 + 2\sqrt{Area}$$

ويمكن وضع البيانات المتحصل عليها لفتحات ديبوي في الجدول التالي

قطر الماسورة سم	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠
الزمام فدان	١٠	٣٠	٦٥	١١٠	١٦٥	٣١٥	٥١٠	٧٦٠
التصرف لتر/ث	٦	٢٠	٤٠	٦٠	١٠٠	١٨٠	٢٩٠	٤٤٠

٥- التصرف في الأنابيب خلال الفتحات Orifice meter

من الطرق الدقيقة لقياس التصرف خلال الأنابيب طريقة الفتحات الضيقة Orifices حيث يتم وضع قرص به فتحة ضيقة داخل الأنبوبة أو فى نهايتها كما فى مقياس الفتحة الضيقة Orifice meter أو أن تكون الفتحة على شكل بوق وتسمى flow nozzles أو أن يتم عمل اختناق داخل الأنبوبة ويسمى اختناق فنشورى Venturi tubes وتأخذ معادلة التصرف خلال الفتحات الصورة العامة التالية:-

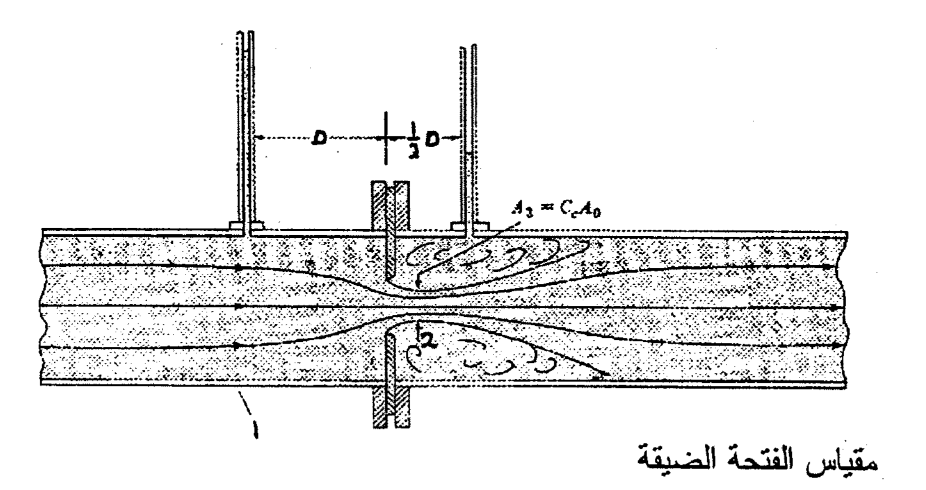
$$Q = ca\sqrt{zg\Delta h}$$

حيث: Q = التصرف (م٣/ث)

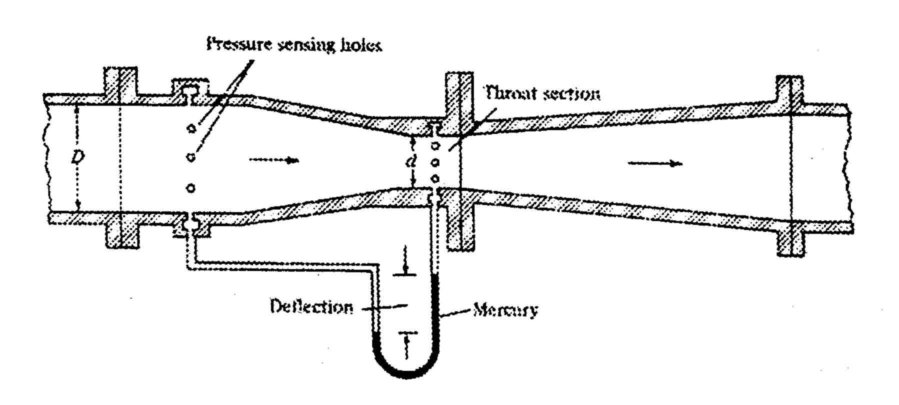
a = مساحة الفتحة (م^2)   g = عجلة الجانبية (٩,٨١ م/ث^2)

Δh = فرق الضاغط بين الفتحة والأنبوبة (متر)

C = معامل الفتحة ويساوى ٠,٦ للفتحات الضيقة أما لفتحة البوق والفنشورى فيتراوح بين ٠,٩٤ إلى ٠,٩٨ وقد يؤخذ مساوياً واحد صحيح.



مقياس الفتحة الضيقة



مقياس فينشورى

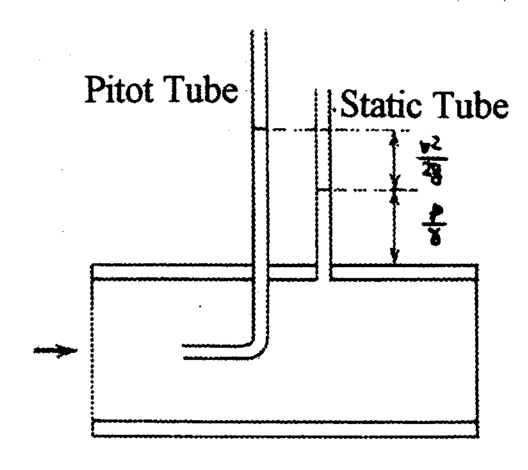
سائل القياس

مقياس البوق

مقاييس التصرف خلال فتحات الأنابيب

٦- أنبوبة بيتوت Pitot tube

تتكون أنبوبة بيتوت فى أبسط صورها من أنبوبة منثنية بمقدار ٩٠ درجة فإذا غمر الجزء المنثنى تحت الماء وتم توجيهه فى اتجاه السريان فإن المياه ترتفع به بمقدار يساوى ضاغط السرعة كما فى الشكل



$$\Delta h = \frac{v^2}{2g}$$

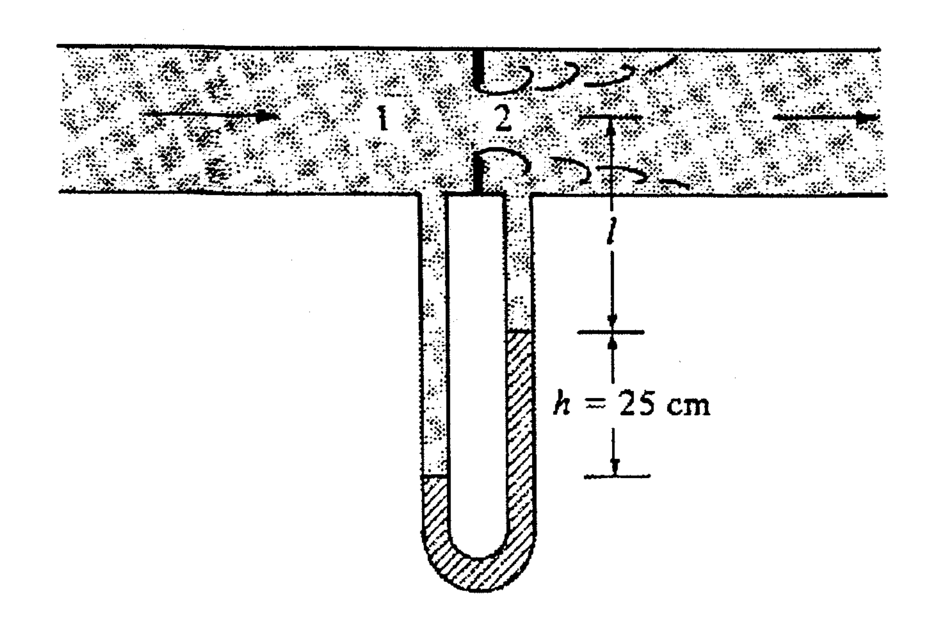
$$V = \sqrt{2g\Delta h}$$

وعلى ذلك فإن Δh هى مقدار الفرق فى الضاغط بين نقطتى القياس ١ ، ٢ أو مقدار الإرتفاع فى مستوى الماء فى الأنبوبة وحيث أن السرعة الفعلية تقل عن السرعة النظرية لذلك تعدل المعادلة بإضافة معامل السرعة C_v Coefficient وتتراوح قيمته بين ٠,٩٥ إلى ١ لتصبح المعادلة العامة كما يلى

$$V = C_v\sqrt{2g\Delta h}$$

مثال:

مقياس ذو فتحة ضيقة orifice meter قطرها ١٥سم موضوع داخل أنبوبه مياه أفقية قطرها ٢٤سم ومتصل به مانومتر زئبقى Water-mercury anometer, قبل وبعد الفتحة. وكانت قراءة المانومتر ٢٥سم. أحسب



تصرف المياه المارة خلال الأنبوبة إذا علمت أن معامل التصرف للفتحة ٠,٦٦

الحل

وبكتابة معادلة المانومتر من نقطة ١ إلى نقطة ٢

$$P_1 + \gamma_w l + \gamma_w h - \gamma_{Hg} h - \gamma_w l = P_2$$

ويلاحظ هنا أننا بدأنا النقطة ١ بوضع الضغط عندها P_1 ثم نضيف إليها الضغط لعمود المياه $\gamma_w l$ إلى أن نصل إلى السطح الفاصل بين الماء w والزئبق Hg ثم وعند العودة إلى أعلى نعكس إشارة الضغط فنضع الضاغط $\gamma_{Hg} h$ ثم الضاغط $\gamma_w l$ إلى أن نصل ثانية إلى الضغط P_2 عند النقطة ٢.

ثم نضع المعادلة على الصورة التالية.

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma_w} = \Delta h = \frac{h\left(\gamma_{Hg} - \gamma_w\right)}{\gamma_w} = h\left(\frac{\gamma_{Hg}}{\gamma_w} - 1\right)$$

وبالتعويض عن قيمة h وعن الكثافة النسبية للزئبق (كثافة الزئبق مقسومة على كثافة المياه وهى واحد صحيح).

$$\Delta h = 0.25(13.6 - 1)$$

$$\Delta h = 3.15\,\text{m of water}$$

ثم بالتعويض فى معادلة التصرف

$$Q = ca\sqrt{2g.\Delta h}$$

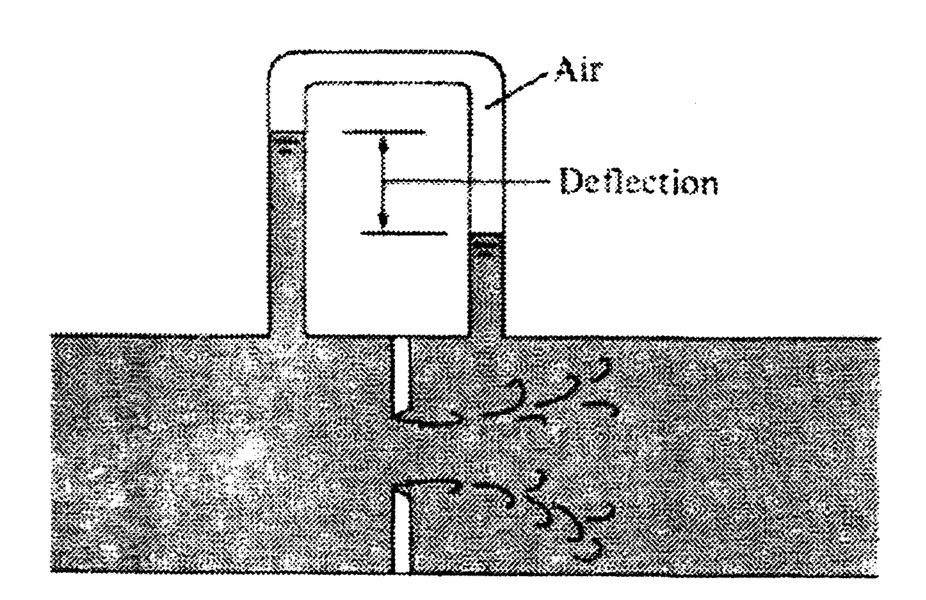
$$= 0.66\frac{\pi}{2}d^2\sqrt{2(9.81).(3.15)}$$

$$= 0.66(0.785)(0.15^2)(7.87)$$

$$= 0.092\ \ m^3/s$$

مثال

مانومتر هواء-ماء air-water manometer متصل بطرفى مقياس ذو فتحة ضيقة قطرها ٢٠٠مم داخل أنبوبة مياه قطرها ٣٠٠مم. فإذا كان أقصى تصرف ٠,١٤٢٠ م٣/ث. فما هى قراءة المانومتر فى هذه الحالة. إذا كان



معامل التصرف ٠,٦٨

الحل

$$Q = ca\sqrt{2g\Delta h}$$

$$\Delta h = \frac{Q^2}{2gc^2a^2} = \frac{(0.142)^2}{2\times 9.81\times 0.68^2\left[(\pi/2)(0.2)^2\right]^2}$$

$$= \frac{0.020}{19.62\times 0.4624\times 9.869\times 10^{-4}} = 2.24\,\text{m of water}$$

ويوجد ثلاث أنواع من المسائل هنا وهى إما إيجاد قيمة Q أو إيجاد قيمة Δh وذلك لقطر فتحة معينة. والنوع الثالث وهو إيجاد قطر الفتحة وذلك لقيمة معينة من Q ، Δh.

مثال

إذا كان فرق الضغط إختناق فنشورى Venturi meter أفقى يحمل مياه هو ٣٥ كيلو باسكال. وكان قطر الاختناق d يساوى ٢٠سم وقطر الأنبوبة D يساوى ٤٠سم. فأوجد التصرف المار إذا كان معامل التصرف يساوى ١,٠٢.

الحل

يتم حساب فرق الضاغط Δh أولاً

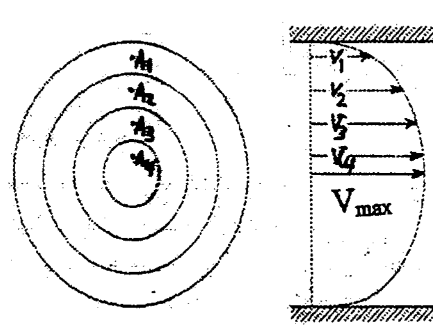
$$\Delta h = \frac{\Delta P}{\gamma_{water}} = \frac{35\ kN/m^2}{9.8\ kN/m^3} = 3.57\,m \ \text{of water}$$

$$Q = ca\sqrt{2g\Delta h}$$

$$= 1.02\ \frac{\pi}{4}(0.2)^2\sqrt{2(9.81)(3.57)}$$

$$= 0.269\,m^3/s$$

ويلاحظ هنا أن السرعة متغيرة داخل مقطع الأنبوبة فهى تتزايد كلما ابتعدنا عن جدار الأنبوبة لتبلغ قيمتها العظمى عند مركز الأنبوبة ومروراً بالمركز إلى أن تصل إلى جدار الأنبوبة المقابل ثم يتم أخذ متوسط عشرة قراءات لفرض الضاغط h ولذلك ينتج عنه السرعة المتوسطة فى مساحة مقطع الأنبوبة نحصل على التصرف المار فى الأنبوبة.



$$Q = \sum A_i V_i = A_1 V_1 + A_2 V_2 + \ldots$$

توزيع السرعة داخل الأنبوبة

٧- مقياس الكوع Elbow meter

حيث أن نظرية عمل أى جهاز لقياس التصرف هى إحداث فرص فى الضغط فإن مرور السريان على منحنى مثل الكوع Elbow يحدث بطريقة طبيعية فرق فى الضغط Δh هو بمثابة الفاقد الثانوى فى الكوع ولهذا يستغل هذا الفاقد فى الضغط فى قياس التصرف فنلاحظ أن الطرف الخارجى للكوع يزداد فيه ضغط المياه عن الطرف الداخلى وذلك لأن الطرف الداخلى تزداد فيه فواقد الضغط والمعادلة العامة للتصرف تأخذ الصورة التالية

$$Q = ca\sqrt{2g\Delta h}$$

حيث c معامل الكوع ويساوى

$$c = \sqrt{\frac{R}{2D}}$$

حيث: R = نصف قطر دائرة انحناء الكوع

D = قطر الأنبوبة

a = مساحة مقطع الأنبوبة (م٢)

Δh = الفرق فى الضاغط (متر)

g = عجلة الجاذبية ٩,٨١ م/ث٢

Elbow meter.

قياس التصرف فى المجارى المائية

هناك طريقتان لقياس التصرف فى المجارى المائية:

١- قياس التصرف مباشرة
- أ- الهدارات
- ب- الفلوم
- جـ- الفتحات والبوابات

٢- قياس التصرف عن طريق قياس سرعة المياه بالمجرى المائى
- أ- الطريقة العائمة (Float)
- ب- عداد التيار (current meter)

تعتبر الهدارات من أقل طرق قياس المياه تكلفة فى الثمن وذلك عند وجود فرق متاح فى منسوب المياه available fall . وهى تعتبر مناسبة للتصرفات الصغيرة والمتوسطة وتعتبر الهدارات بسيطة ودقيقة أيضا. يلى ذلك الفتحات submerged orifice فتستخدم عندما يكون الفارق فى منسوب المياه المتاح محدود وكمية الشوائب العائمة فى المياه أقل ما يمكن. الفلوم flume فتستخدم عندما يكون التصرف أكبر من التصرفات التى تستخدم مع الهدارات وذلك بأقل فاقد فى منسوب سطح المياه less head loss أما عدادات التيار current meter فتستخدم فى التصرفات الكبيرة للمياه وعندما تكون تكلفة إنشاء الهدارات أو الفلوم أو الفتحات كبيرة وغير عملية.

الهدارات Weirs

تعتبر الهدارات من أقدم أبسط المنشآت التى يمكن الإعتماد عليها لقياس سريان المياه فى المجارى المائية مثل الترع والمساقى والمراوى. وتستخدم الهدارات بفاعلية عند وجود سقوط فى المجرى حوالى من ١٠ – ١٥ سم. ويمكن تعريف الهدار على أنه منشأة سقوط overflow structure تقام بعرض المجرى لقياس سريان المياه.

وقد يستخدم الهدار أيضا كمنشأة تحكم chech structure خلف بوابات الفم وذلك لرفع منسوب المياه أمام البوبات.

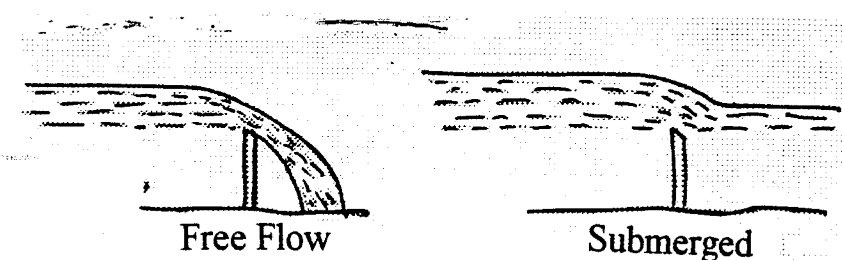
ويتم تعيين التصرف بقياس ارتفاع سطح مياه الأمام عن حافة الهدار ومعرفة عرض الهدار وباستخدام المعادلة المناسبة لحساب التصرف أو بالاستعانة بالجداول يتم تعيين تصرف المياه خلال الهدار.

تقسيم الهدارات

تقسم الهدارات حسب نوع السريان إلى:

أ- سريان حر free flow كما فى الشكل ويستدل على السريان الحر بوجود هواء خلف حافة الهدار مباشرة .

ب- سريان معمور submerged كما فى الشكل.



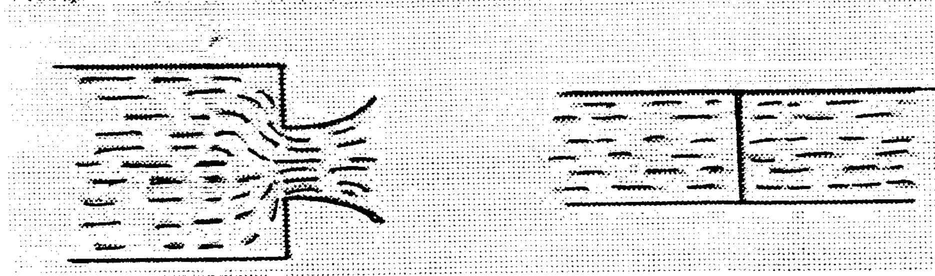
وفى السريان الحر يكون التصرف خلال الهدار مستقل تماما عن منسوب المياه خلف الهدار أما فى السريان المغمور يتأثر التصرف خلال الهدار بمنسوب المياه خلف الهدار.

أما التقسيم الثانى فهو بالنسبة لغرض الهدار ويكون كما يلى:

أ- هدار منكمش contracted كما فى الشكل حيث يكون عرض الهدار أقل من عرض المجرى .

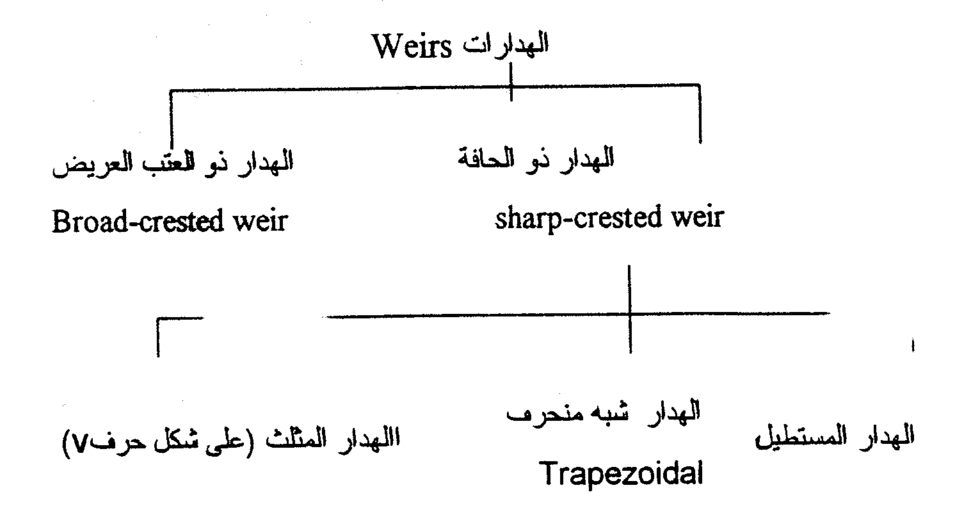
ب- هدار مطموس supressed وفيه يكون عرض الهدار مساوى لعرض المجرى المائى

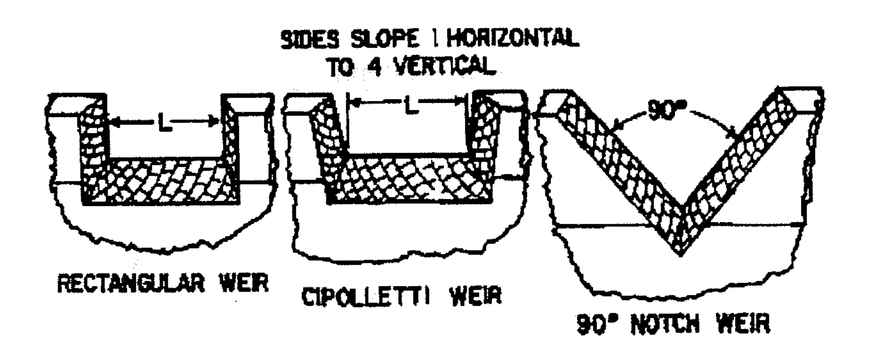
Unsupressed flow with end contractions and suppressed flow with the weir in a channel



هدار مطموس هدار منكمش

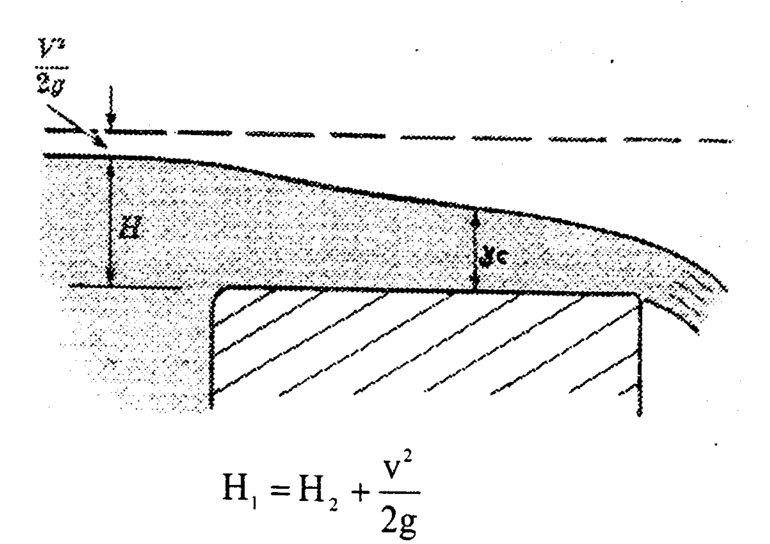
أما التقسيم حسب نوع الهدار وشكله فيأخذ التقسيم التالى:





حساب التصرف المار فى الهدار

الهدار ذو العتب العريض
من المعروف أن الطاقة النوعية الكلية لسريان المياه فى المجارى المائية عند نقطة تساوى مجموع عمق المياه مضاف إليه طاقة السرعة كما يلى



$$H_1 = H_2 + \frac{v^2}{2g}$$

وحيث أن السريان يبلغ الحالة الحرجة فوق عتب الهدار أى أن رقم فرود يساوى واحد صحيح فإن

$$F_r = 1 = \frac{V}{\sqrt{gy_c}} \qquad V = \sqrt{gy_c}$$

حيث y_c: عمق الماء الحرج critical depth وبالتالى

$$H_1 = y_c + \frac{gy_c}{2g}$$

$$H_1 = \frac{3}{2} y_c \qquad V = \sqrt{gy_c} = \sqrt{g(\frac{2}{3}H_1)}$$

وحيث أن عرض الهدار L فإن التصرف يساوى

$$Q = L\, y_c\, V$$

$$= L(\frac{2}{3}H_1)\sqrt{g(\frac{2}{3}H_1)}$$

$$Q = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{2}{3}}\, g\, L\, H_1^{3/2}$$

وبالتعويض عن عجلة الجاذبية $g = 9.81 \ m/s^2$ فإن معادلة حساب التصرف فى الهواء ذو العتب العريض باعتبار معامل التصرف يساوى واحد صحيح تصبح كما يلى

$$Q = 1.7 \ L H_1^{3/2}$$

حيث

Q : التصرف فى الهدار م³/ث

L : عرض عتب الهدار بالمتر

H_1: ارتفاع سطح مياه الأمام عن عتب الهدار H_1 بالمتر

وهناك بعض الاعتبارات التى يجب توافرها وهى

- يتم وضع الهدار بحيث يكون محور الهدار منطبق على محور المجرى المائى.
- الوضع المحكم للهدار لعدم تسر المياه من الجوانب.
- أفقية العتب ويتم ذلك بواسطة ميزان المياه.
- منسوب العتب أعلى من منسوب قاع المجرى.
- يكون الحبس الموضوع به الهدار منتظم لمسافة مناسبة

- نسبة الغمر $\frac{H_2}{H_1}$ أقل من أو تساوى ٠,٩ حيث H_2 ارتفاع سطح مياه الخلف عن عتب الهدار.

مثال توضيحى:

عند قياس التصرف الهدار ذو العتب العريض كان ارتفاع مياه الأمام عن عتب الهدار = ١٥ سم. وكانت نسبة الغمر $\frac{H_2}{H_1}$ تساوى ٠,٨٢ فما هو التصرف المار فى الهدار علما بأن عرض الهدار = ٢٠ سم.

الحل

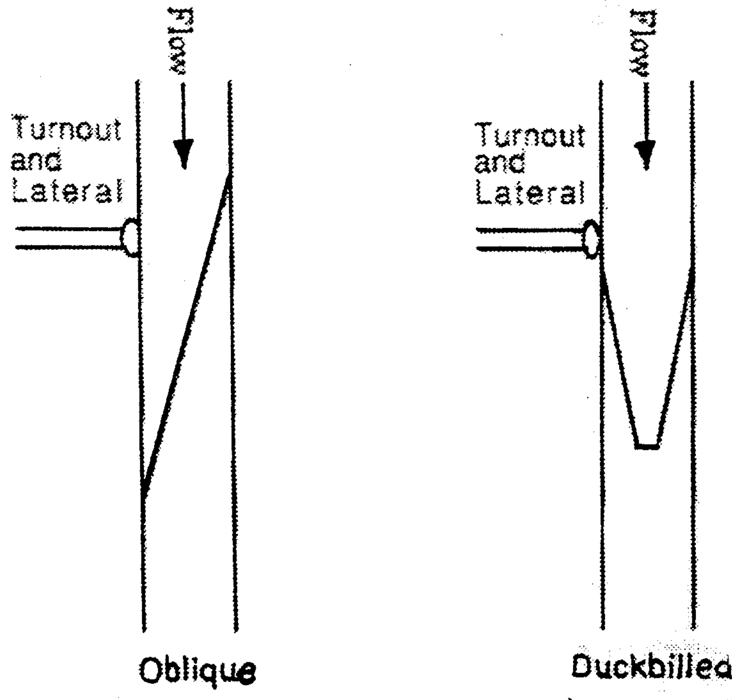
$$Q=1.7\,L\,H^{3/2} = 1.7(0.2)(0.15)^{1.5} = 0.0198 \ m^3/s$$

التصرف = ٠,٠١٩٨ x ١٠٠٠ = ١٩,٨ لتر/ث

ويوجد هناك نوعا من الهدارات المائلة تسمى بالهدارات ذات العتب الطويل long crested weir وقد أستخدم الهدار ذات العتب الطويل لعشرات السنوات كجهاز ذاتى التحكم فى الأمام automated upstream control device بالرغم من أن التصميم لا يحتوى على أجزاء متحركة. وكما ذكرنا سابقا فإن الهدارات تستخدم كمنشأة تحكم فى منسوب المياه ولكن يمتاز الهدار ذو العتب الطويل بأنه يزيد عرض السريان فى الهدار عن الهدارات التى يتم تركيبها عمودية على المجرى. فالشكل يوضح نوعان من شائعان من الهدارات ذات العتب الطويل وهما الهدار المائل أو القطرى oblique وهدار منقار البطة duckbill weir وزيادة طول الهدار weir length يعتبر ميزة إلى أن يصل طول العتب ثمانية أمثال عرض المجرى المائل. ومعادلة حساب التصرف للهدار ذو العتب الطويل للسريان الحر غير المعمور

unsubmerged flow هى نفس معادلة الهدار ذات العتب العريض السابق استنتاجها حيث L طول عتب الهدار بالمتر overflow crest length ، H ارتفاع سطح مياه الأمام عن عتب الهدار بالمتر.

وباستخدام العتب الطويل (٨ أمثال عرض المجرى المائى) بخلاف استخدام العرض العادى للهدار كمنشأة تحكم فإن التذبذب فى سطح المياه فوق



عتب الهدار يقل بمقدار ٧٥%.

الهدار ذو الحافة المستطيل وشبه المنحرف:

بفرض أن ارتفاع الماء فوق الحافة الهدار H فإنه يمكن استنتاج معادلة تصرف الهدار كما يلى:

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$dQ = l\,dh\,\sqrt{2gh}$$

$$Q = \int_0^H \sqrt{2gh}\;L\,dh$$

$$Q = \frac{2}{3} L \sqrt{2g}\, H^{3/2}$$

ويوضع معامل التصرف للهدار $c_d = 0.63$

وعملية الجاذبية $g = 9.8\ m/s^2$

فـإن المعادلـة تصـبح

$$Q = 1.86\,L H^{1.5}$$

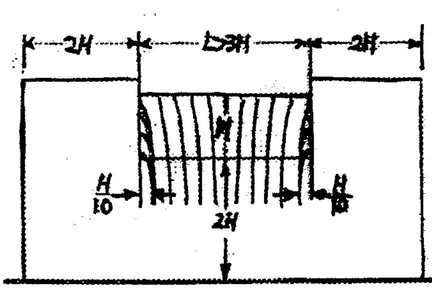
حيث Q: تصرف الهدار م^٣ / ث

L: عرض الهدار بالمتر

H: ارتفاع الماء فوق حافة الهدار بالمتر

والمعادلة السابقة صحيحة للهدار المطموس supressed أما الهدار المنكمس contracted والذى فيه عرض الهدار أقل من عرض المجرى فتصبح المعادلة السابقة كما يلى:

$$Q = 1.86\,(L - 0.2H)\,H^{1.5}$$

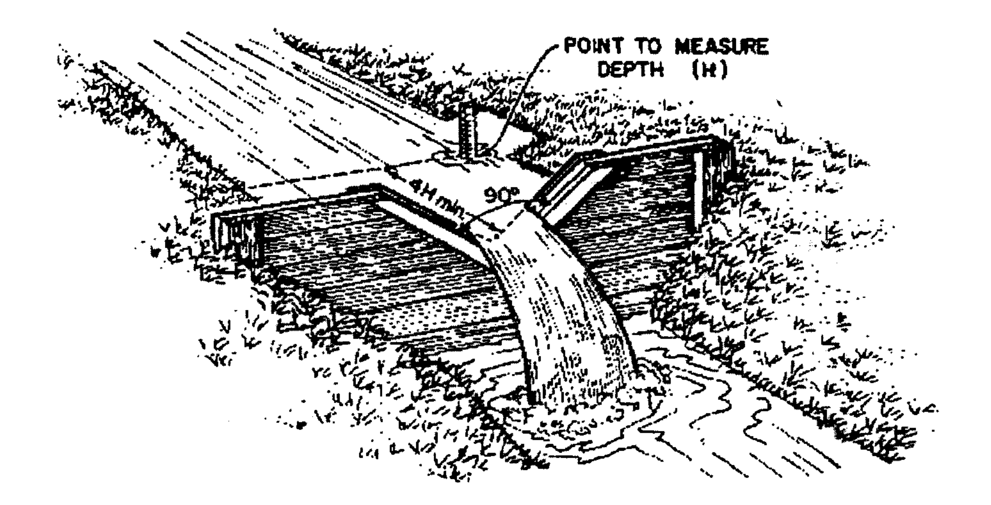


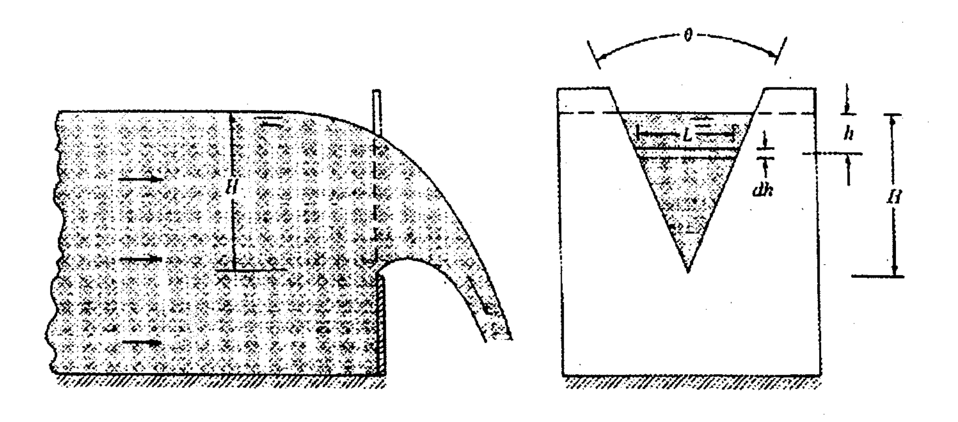
ويلاحظ أن المعادلة قامت بتصحيح مقدار الانكماش فى عرض السريان وذلك بتقليل عرض الهدار بمقدار 0.1 H لكل جانب من جانبى الهدار أى بمجموع 0.2 H للجانبين.

الهدار المثلث على شكل حرف V ٩٠ درجة – هدار طومسون:

بفرض أن ارتفاع الماء فوق حافة الهدار H وزاوية حافة الهدار θ

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{\frac{1}{2}L}{H - h}$$





$$L = 2.\tan\left(\frac{\theta}{2}\right)(H - h)$$

$$dQ = L\,dh\sqrt{2gh}$$

$$Q = \int_0^H L\sqrt{2gh}\;dh$$

$$Q = \int_0^H 2\tan\frac{\theta}{2}(H - h)\sqrt{2gh}\;dh$$

$$= 2\tan\frac{\theta}{2}\sqrt{2g}\int_0^H \left(Hh^{1/2} - h^{3/2}\right)dh$$

$$Q = 2\tan\frac{\theta}{2}\sqrt{2g}\left[\frac{2}{3}Hh^{3/2} - \frac{2}{5}h^{5/2}\right]$$

$$= 2\tan\frac{\theta}{2}\sqrt{2g}\left[\frac{2}{3}H^{5/2} - \frac{2}{5}H^{5/2}\right]$$

$$Q = \frac{8}{15}\tan\frac{\theta}{2}\sqrt{2g}\;H^{5/2}$$

وقد وجد من نتائج التجارب المعملية أنه إذا كانت $\theta = 90^\circ$ أى أن $\tan\frac{\theta}{2}=1$ تكون قيمة معامل التصرف C_d تقريبا ثابتة مع h وتساوى $C_d =$ 0.58

وبالتالى تصبح معادلة التصرف فى الهدار المثلث ذو الزاوية ٩٠ درجة كما يلى:

$$Q = 1.37\,H^{2.5}$$

حيث Q: التصرف م^٣/ث

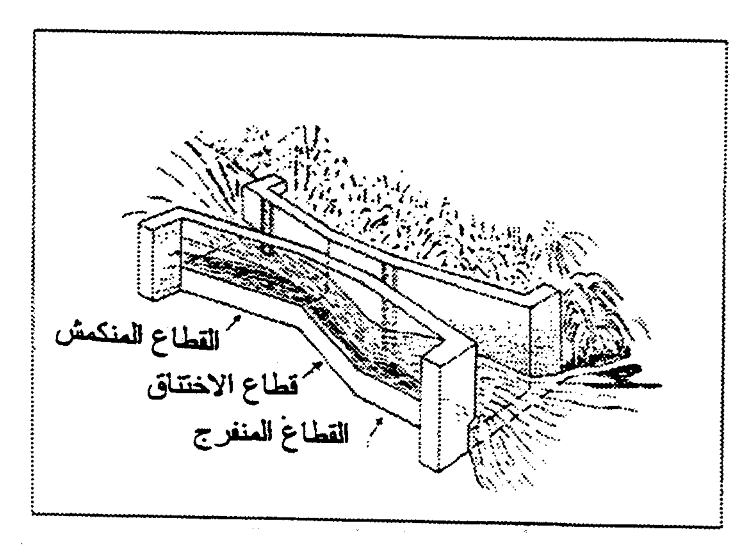
H: ارتفاع المياه فوق حافى الهدار بالمتر.

وهناك بعض الاعتبارات التى يجب توافرها:

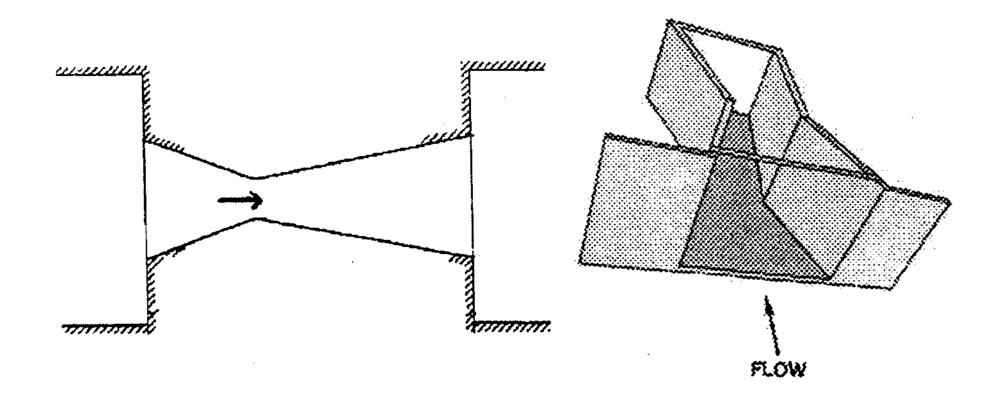
- أن يكون الهدار عمودى على اتجاه سريان المياه.
- ضبط أفقية الهدار بواسطة ميزان المياه.
- أن تكون حافة الهدار فى منتصف المجرى المائى.
- أن تكون النسبة $\frac{H}{L}$ أقل من أو تساوى ٠,٤
- حيث L = عرض الهدار.
- أن توضع المسطرة المدرجة على مسافة أكبر من أو تساوى أربعة أمثال الارتفاع فوق حافة الهدار H.
- أن تكون المسافة الرأسية p أكبر من أو تساوى ١٠ سم.
- ألا يقل الارتفاع H عن ٥ سم.

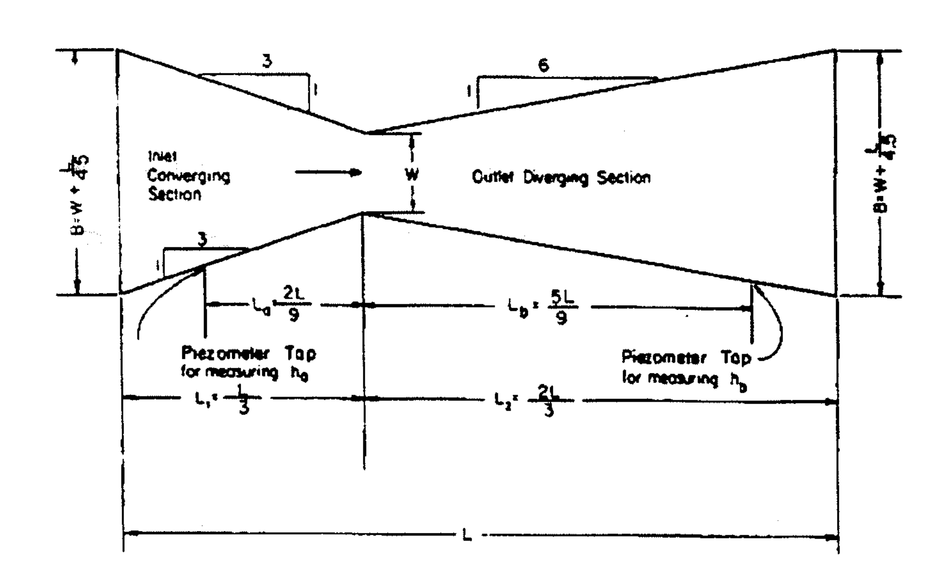
الفلوم Flumes

الفلوم عادة أقل قابلية فى حجز الشوائب العائمة الرواسب عن الهدارات ولهذا فهى تستخدم بصفة خاصة لقياس الفائض أو الجريان السطحى runoff. ومن الأنواع الشائعة للفلوم: فلوم بارشال (1950) Parshall كما هى مبينة بالشكل. وتمتاز فلوم بارشال بأنها تحتاج إلى فاقد بسيط فى منسوب المياه. وجداول التصرف لمختلف الأحجام من الفلوم متاحة فى مختلف المراجع المتخصصة فى الهيدروليكا وسريان المياه فى القنوات المكشوفة.



من الفلوم الشائعة الاستخدام فى مجال الرى السطحى أيضا الفلوم عديمة الرقبة Cutthroat Flum كما فى الشكل وتفصيلا فى Skogerboe (1973)





ويوجد أيضا فلوم تسمى باسم كلية ولاية واشنطن (Washington State College) WSC وهى عبارة عن فلوم شبه منحرف بها رقبة على شكل حرف V بزاوية ٦٠ درجة (Section 15, chapter 9

والصيغة of the SCS National Engineering Handbook, 1962.) العامة لمعادلة التصرف للفلوم تأخذ الشكل التالى:

$$Q = C H_u^a$$

حيث Q : التصرف

C : ثابت يعتمد على نوع الفلوم وعرضها

A : ثابت يعتمد على نوع الفلوم وعرضها

H_u : ارتفاع مياه الأمام فى حالة السريان الحر فوق قاع الفلوم

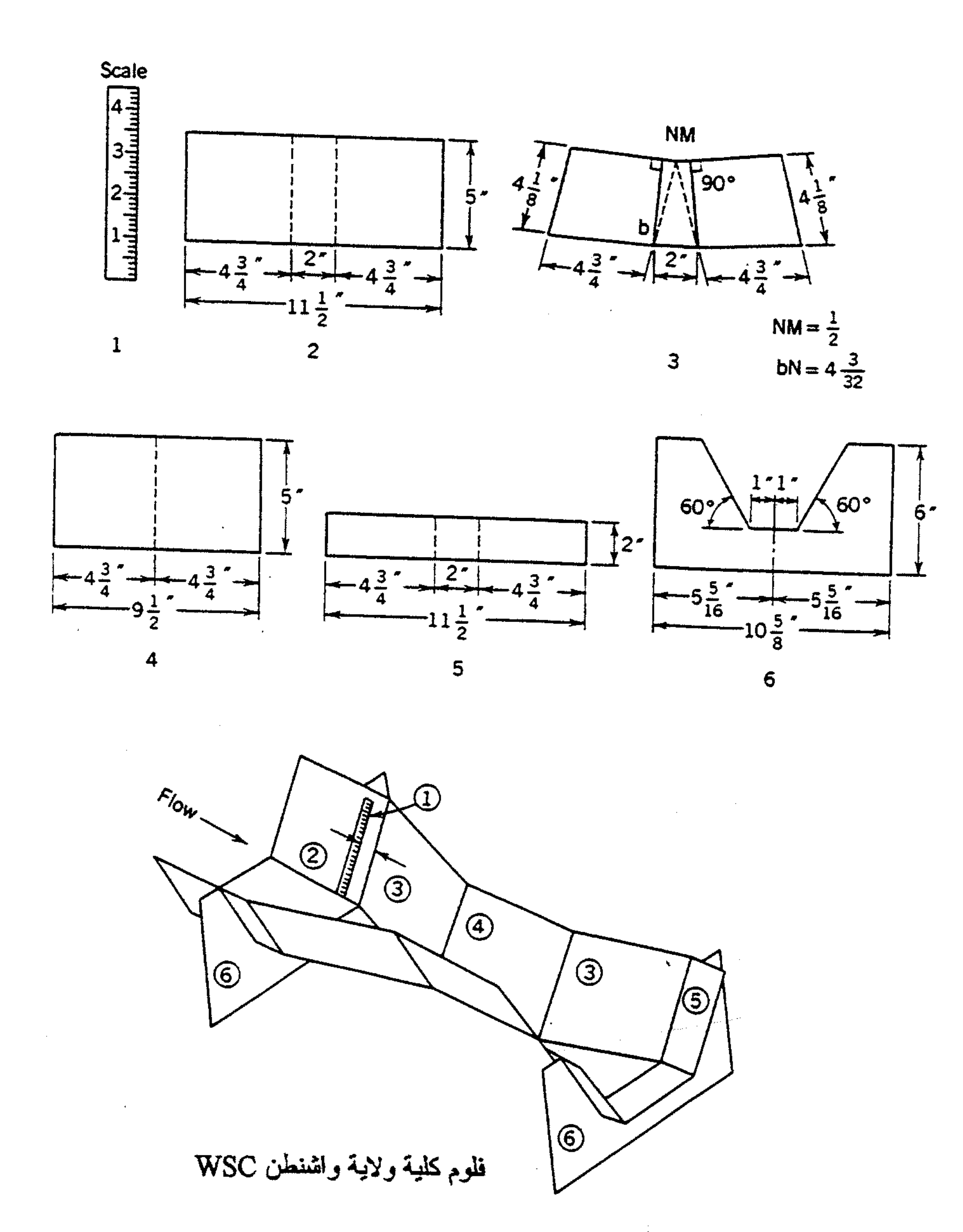
وفى حالة السريان المغمور يدخل فى الحساب ارتفاع مياه الخلف فوق قاع الفلوم وبذلك تدخل نسبة الغمر s فى حساب الصرف

$$S = \frac{H_d}{H_u}$$

حيث S : نسبة الغمر submergence ratio

H_d: ارتفاع مياه الخلف head downstream

H_u: ارتفاع مياه الأمام head upstream



Layout and dimension (in inches) of the WSC V-notch flume. (From Section 15, Chapter 9 of the SCS *National Engineering Handbook*, 1962.)

الفتحات والبوابات Orifices

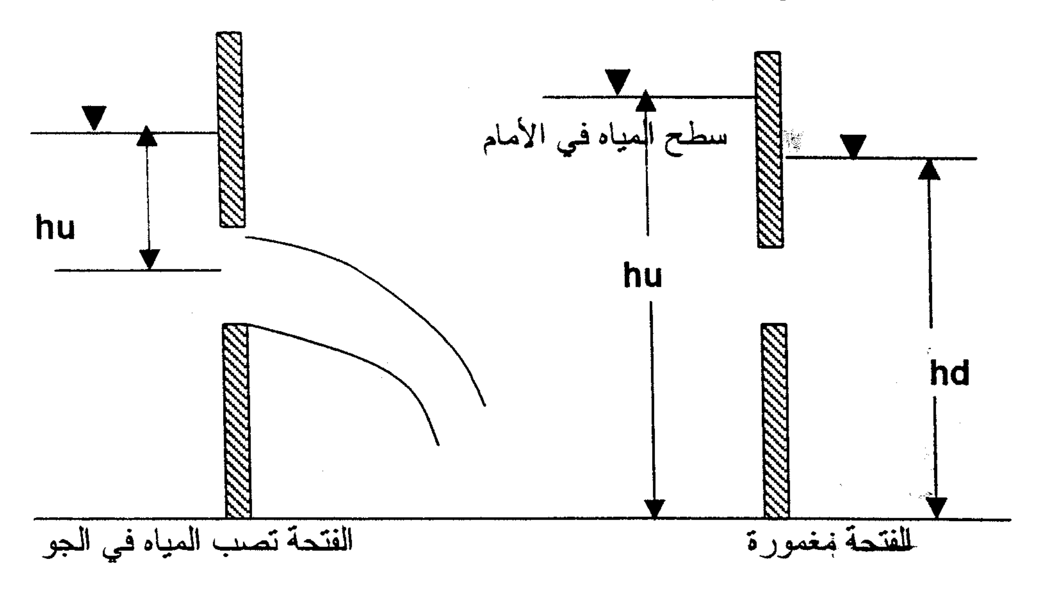
يقصد بالفتحات أى فتحة بعرض المجرى المائى يغطيها سطح مياه الأمام تماما. ففى هذه الحالة إذا كانت الفتحة تصب مياهها فى الهواء أو فى المجرى بدون حدوث مياه مرتدة backwater أو تأثير لمستوى مياه الخلف على التصرف خلال الفتحة orifice فإن الفتحة فى هذه الحالة تعمل تحت السريان الحر free flow. أما إذا لم يغطى منسوب مياه الأمام الفتحة تماما فإن الفتحة تعمل كهدار. ومعادلة التصرف خلال الفتحة تحت السريان الحر تكون كما يلى

$$Q_f = 0.61 A \sqrt{2g h_u}$$

حيث Q_f : التصرف خلال الفتحة تحت السريان الحر ($م^3$/ ث)

A : مساحة مقطع الفتحة ($م^2$) سواء كانت دائرية او مستطيلة

h_u : ارتفاع سطح مياه الأمام عن



أما إذا كانت الفتحة ذات سريان مغمور بمعنى أن الفتحة مغمورة بمياه الخلف submerged فإن ارتفاع سطح مياه الخلف عن مركز الفتحة (h_d) يدخل فى حساب التصرف خلال الفتحة كما يلى:

$$Q_s = 0.61 A \sqrt{2g (h_u - h_d)}$$

حيث Q_s : التصرف خلال الفتحة تحت السريان الغمور ($م^3$/ ث)

A : مساحة مقطع الفتحة ($م^2$)

h_u : ارتفاع سطح مياه الأمام عن مركز الفتحة (متر)

h_d : ارتفاع سطح مياه الخلف عن مركز الفتحة (متر)

ويلاحظ هنا أن معامل التصرف تم أخذه مساويا ٠,٦١ حيث قيمته تتراوح بين ٠,٦ – ٠,٨ حسب الشكل الهندسى للفتحة.

والفتحات توضع عادة قرب قاع المجرى وبالتالى تكون مغمورة تماما وهذا يقلل الفرق بين سطح المياه فى الأمام والخلف فى الحالات التى يتعذر فيها استخدام الهدارات حيث يتطلب وجود سقوط فى مستوى المياه ويكون أيضا من المتعذر استخدام الفلوم من الناحية الاقتصادية. والفتحات التى تصب مياهها فى الهواء استخدامها محدود فى المجارى المائية وذلك لأنها تطلب فرق فى منسوب سطح المياه أمام وخلف الفتحة. وبذلك يفضل استخدام الهدارات فى حالة السريان الحر عن استخدام الفتحات.

وأخيرا فإن استخدام الفتحات يتطلب أن تكون المياه غير محملة بالشوائب العائمة حيث تتراكم الشوائب العائمة أمام الفتحة.

قياس سرعة المياه بالطريقة العائمة Float Method

كيفية حساب التصرف بالطريقة العائمة:

- نختار قطاع من المجرى المائى بحيث يكون هذه القطاع منتظم وخال من الحشائش لمسافة ٣٠ متر
- لحساب مساحة القطاع فإننا نحسب المساحة لثلاثة قطاعات خلا لمسافة الـ ٣٠ متر ثم نحسب المساحة المتوسطة للقطاع.
- نملأ زجاجة فارغة حتى نصفها بالماء ونغلفها جيدا "مثل زجاجة الكوكاكولا" ونضع هذه الزجاجة فى الماء. ونحسب عدد الثوانى التى تقطع خلالها الزجاجة مسافة الـ ٣٠ متر ونكرر ذلك ٣ مرات. ونحسب متوسط الزمن.
- نحسب السرعة وذلك بقسمة طول القطاع (٣٠ متر) على متوسط الزمن الذى قطعته الزجاجة فى المرور بالقطاع (ثانية)
- السرعة الناتجة هى السرعة فوق سطح المياه وهى أكبر من السرعة المتوسطة وللحصول على السرعة المتوسطة فإننا نضرب السرعة الناتجة فى ٠,٨٥

السرعة المتوسطة = سرعة الزجاجة × ٠,٨٥

وللحصول على التصرف المار بالقطاع:

التصرف = المساحة المتوسطة للقطاع × السرعة المتوسطة

مثال توضيحى:

عند حساب التصرف بالطريقة العائمة كانت مساحة القطاع عند ٣ أماكن مختلفة هى ٠,٣٤ م^2 ، ٠,٣٥ م^2 ، ٠,٣٦ م^2. وكان الزمن الذى

استغرقته زجاجة نصفها مليء بالمياه ومغلقة فى قطع مسافة ٣٠ متر وفى ثلاث محاولات هى ٩٠ ثانية ، ٩١ ثانية ، ٩٢ ثانية. فما هو التصرف؟ علما بأن طول القطاع ٣٠ متر.

الحـــــل

متوسط مساحة القطاع = (٠,٣٤ + ٠,٣٥ + ٠,٣٦) ÷ ٣ = ٠,٣٥ م^2

متوسط الزمن الذى قطعته الزجاجة = (٩٠ + ٩١ + ٩٢) ÷ ٣ = ٩١ ثانية

السرعة المتوسطة للزجاجة = سرعة الزجاجة × ٠,٨٥

سرعة الزجاجة = طول القطاع ÷ متوسط الزمن = ٣٠ ÷ ٩١ = ٠,٣٣ م/ث

= ٠,٣٣ × ٠,٨٥ = ٠,٢٨ م/ث

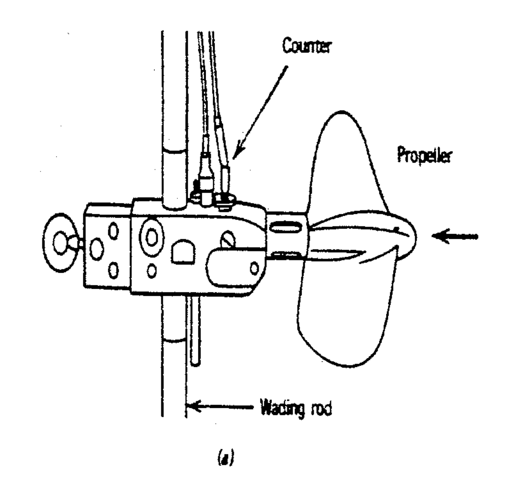
التصرف = متوسط ساحة القطاع × السرعة المتوسطة

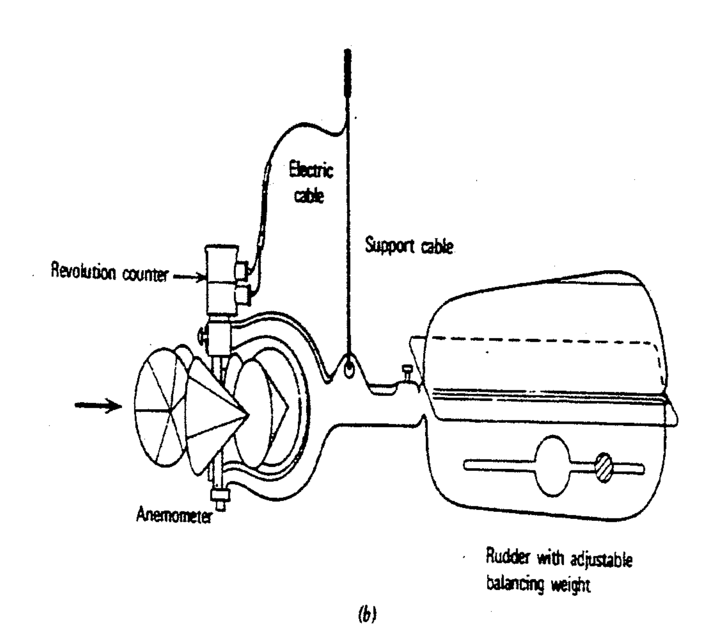
= ٠,٣٥ × ٠,٢٨ = ٠,٠٩٨ م^3/ث

التصرف = ٠,٠٩٨ × ١٠٠٠ = ٩٨ لتر/ث

قياس سرعة المياه بواسطة عداد التيار (كرنتيميتر)

هناك عدة أنواع من أجهزة عداد التيار (كرنتيميتر). منها من يعمل





عداد قياس سرعة تيار المياه في المجاري المائية

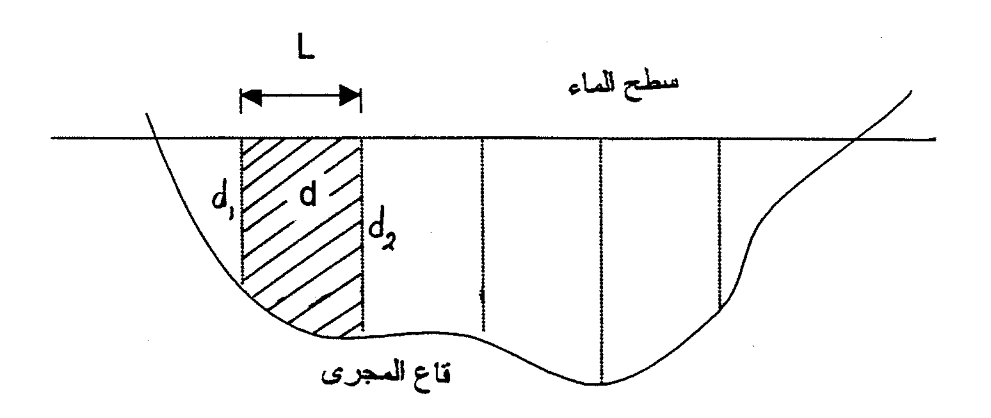
بواسطة مروحة تحركها المياه حركة دائرية وعن طريق معرفة عدد لفات المروحة فى الدقيقة وباستخدام الجداول يمكن معرفة السرعة.

وهناك أجهزة حديثة تعمل بواسطة المجال الكهرومغناطيسى وتعطى السرعة مباشرة.

كيفية حساب التصرف بواسطة عداد التيار (كرنتيميتر):

- نختار مكان مناسب للقياس بحيث يكون القطاع منتظم لمسافة مناسبة وبعدية عن الحشائش.
- يتم تقسيم القطاع المائى إلى عدة أقسام متساوية (٥ إلى ١٠ أقسام) وبالنسبة للترع الكبيرة تقسم على ٣٠ قسم.
- يتم تحديد المنتصف (المركز) لكل قسم. ويتم قياس عمق المياه عنده.
- إذا كان عمق المياه أقل من أو يساوى ٤٥ سم فإنه يتم أخذ قراءة السرعة عند ٠,٦ من عمق المياه وذلك مقاسه من سطح المياه.
- إذا كان جهاز الكرنتيميتر من الأجهزة الحديثة (كهرومغناطيسى) فإنه يعطى السرعة مباشرة.
- إذا كان جهاز الكرنتيميتر يعمل بالمروحة فإنه يتم حساب عدد اللفات فى الدقيقة للمروحة ٣ مرات لكل قراءة ثم الكشف فى الجداول وحساب السرعة المتوسطة.
- يتم حساب السرعة المتوسطة لكل قطاع.
- يتم حساب مساحة لكل قطاع.
- يتم حساب التصرف المار فى كل قطاع.

التصرف = مساحة القطاع × السرعة المتوسطة



- التصرف الكلى = مجموع التصرفات المارة فى كل قطاع.

طريقة حساب سرعة تيار المياه بواسطة عداد التيار (كرنتيميتر)

لحساب التصرف المار فى المجرى المائى

مثال:

التصرف المار فى الحبس بين النقطتين ٢، ٣ = مساحة القطاع المهشر × السرعة المتوسطة

$$q = \frac{d_1 + d_2}{2} \times L \times V_{av}$$

حيث V_{av} : السرعة المتوسطة

التصرف الكلى = مجموع التصرفات المارة فى جميع القطاعات

$$Q = \sum_{i=1}^{n} q_i$$

١٠

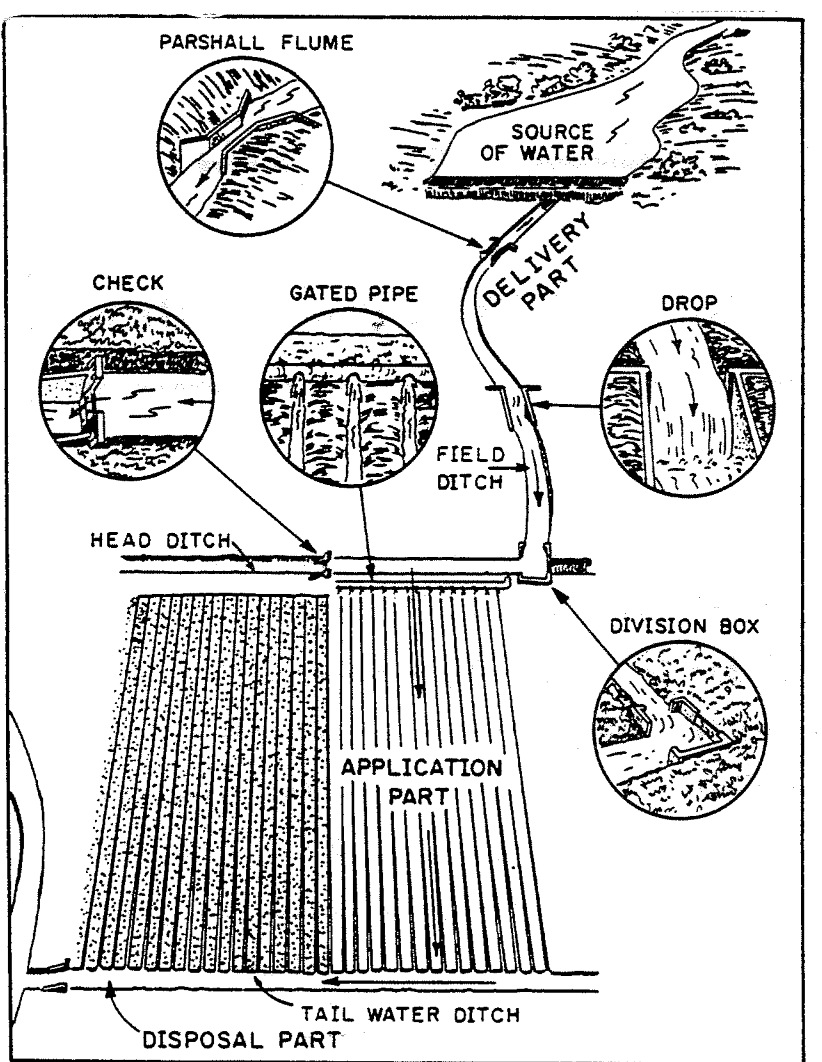
نظم الري السطحي

Surface Irrigation Systems

في الري السطحي تنساب المياه فوق سطح الأرض بالجاذبية ولذلك فأن توزيع المياه يعتمد على خواص التربة من حيث انحدارها ومعدل تسرب المياه خلالها وخشونة سطحها بالإضافة إلى تصرف مصدر المياه ذاته. وعلي ذلك فأن تكاليف إنشاء وتشغيل وصيانة الري السطحي تقل عن طرق الري الأخرى بالإضافة إلى أنها لا تعتمد عل الخبرات التكنولوجية العالية. ومن عيوبها أنها تحتاج إلى تسوية دقيقة للأرض وتصرف مياه مرتفع وتستقطع نسبة من الأرض في المراوى والبتون والزواريق وبالتالي قد تعيق عمليات الميكنة الزراعية في حالة المساحات الصغيرة واعتمادها في توزيع المياه علي صفات التربة وبالتالي تقل كفاءة الري بالمقارنة بطرق الري الأخرى.

والرسم التخطيطى التالى يوضح مكونات نظم نقل وتوزيع المياه فى الري السطحى حيث يوضح أستخدام العبارات فى قياس المياه مثل Parshall Flume وأستخدام منشآت السقوط Drop معتدل للقنوات عند وجود أنحدار شديد فى الأرض الطبيعية وكذلك أستخدام صندوق التوزيع Division Box لتوزيع المياه لأكثر من أتجاه وأستخدام الأنابيب المبوبة Gated pipe فى

توزيع المياه داخل الحقل على الخطوط وأستخدام الحواجز أو الهدارات Check للتحكم ورفع منسوب المياه أمامها لتغذية فتحات الري الجانبية .



(Taken from USDA-SCS, 1974.)

وتنقسم نظم الري السطحي من حيث طريقة أعداد الأرض وإضافة المياه إلى:-

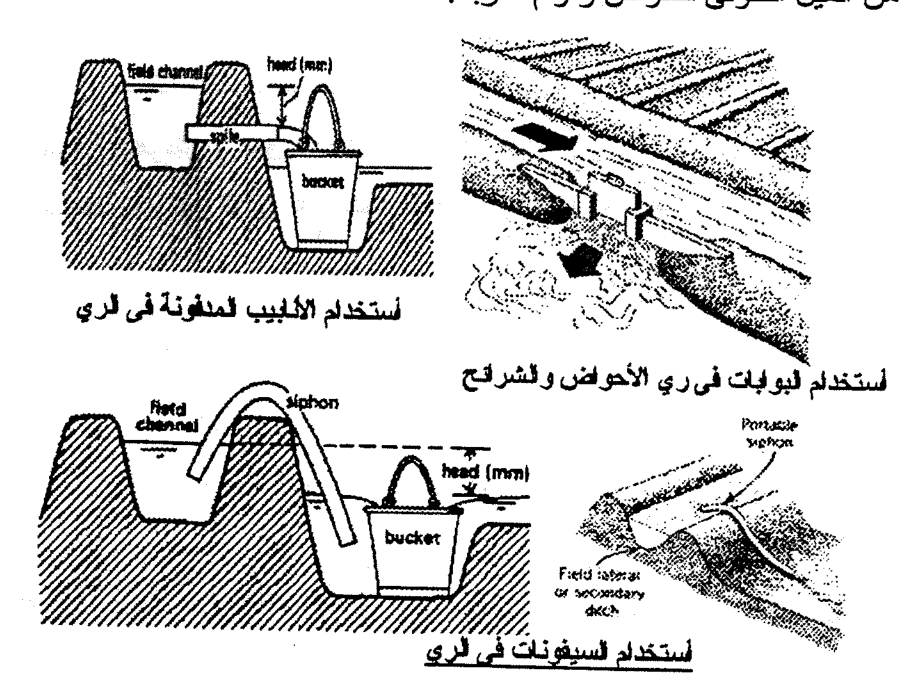
١- الري بالأحواض Basin irrigation

٢- الري بالشرائح Border irrigation

٣- الري بالخطوط Furrow irrigation

الري بالأحواض

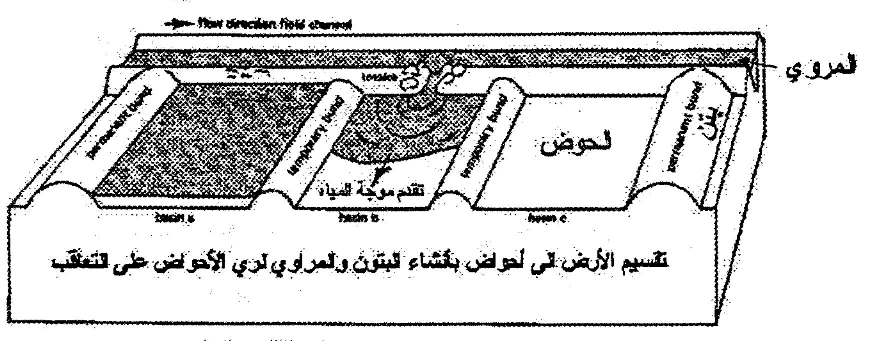
تقسم الأرض إلى أحواض ويتم الري عند رأس الحوض من المروى بأستخدام بوابات أو سيفونات أو مواسير مدفونة. ويكون ميل الأرض في الاتجاه العرضي صفرا مع وجود ميل خيف في اتجاه سريان المياه بطول الحوض. وهو يلائم المحاصيل الكثيفة مثل القمح والبرسيم والأرز، ويلائم التربة الثقيلة إلى متوسطة القوام بينما فى التربة الخفيفة يقل طول الحوض مما يعوق عمليات الميكنة. في الري بالأحواض يتم إطلاق المياه حتى وصولها لنهاية الحوض. ويجب أن تغطى المياه الحوض في ٦٠% - ٧٥% من زمن الري على الأقل. ويحسب التصرف اللازم لري الحوض علي أساس تصرف من ١ إلى ٢ لتر/ثانية لكل متر من عرض الحوض ويعتمد هذا التصرف على كل من الميل الطولى للحوض وقوام التربة.



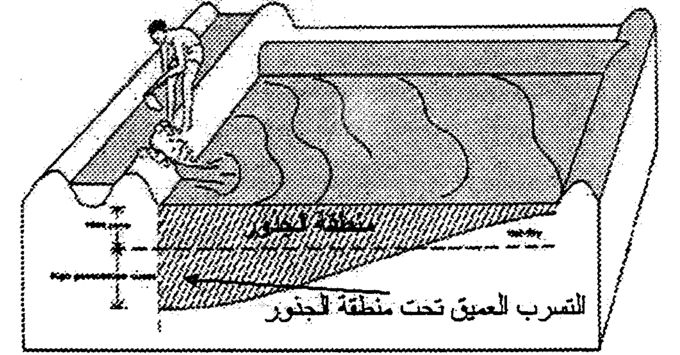
أستخدام الأنابيب المدفونة فى الري

أستخدام البوابات فى ري الأحواض والشرائح

أستخدام السيفونات فى الري



<u>الري بالأحواض</u>



ويمكن استنتاج المعادلة الأساسية التي تربط بين التصرف وزمن الري ومساحة الحوض وعمق ماء الري المضاف كما يلي:-

التصرف × زمن الري = مساحة الحوض × عمق ماء الري المضاف

$$Q \times Ti = A \times dg$$

$$Q \times Ti = W \times L \times \frac{dn}{Ea}$$

$$Ti = \frac{W \times L \times dn}{Q \times Ea}$$

$$Ti = \frac{W \times L \times AW \times D \times depletion}{Q \times Ea}$$

حيث Ti زمن الري مقدرا بالساعة

W , L طول وعرض الحوض بالمتر

Q التصرف م٣/س

AW عمق الماء المتاح مم/متر

D عمق الجذور بالمتر

Depletion نسبة استنفاذ الرطوبة

Ea كفاءة نظام الري على إضافة المياه

مثال:

أوجد زمن الري لحوض عرضه ٣٠ متر وطوله ٧٠ متر وعمق الماء المتاح ١٦٠ مم/متر وعمق الجذور ٧٥ سم ونسبة الأستنفاذ ٥٠% وكفاءة الري ٦٥ % والتصرف المستخدم ١٠٨ م٣/س.

$$Ti = \frac{W \times L \times AW \times D \times depletion}{Q \times Ea}$$

$$Ti = \frac{30 \times 70 \times 160 \times 0.75 \times 0.50}{108 \times 0.65 \times 1000} = 1.8 hours$$

وإذا علمت أن الاستهلاك المائي للمحصول ٦ مم/يوم وكان المطلوب حساب الفترة بين الريات فيتم حسابها كما يلي

$$F = \frac{Aw \times D \times depletion}{ETc}$$

$$F = \frac{160 \times 0.75 \times 0.50}{6} = 10 days$$

وكمثال لتخطيط الري السطحي المطور في الأراضي الجديدة بمنطقة بنجر السكر تغذى منطقة بنجر السكر من ترعة النوبارية وهي ترعة كبرى Principal Canal عن طريق ترعة رئيسية Main Canal تسمى ترعة النصر وتسرى بها المياه ضد الجاذبية عن طريق ٥ محطات رفع للمياه المسافة بين كل محطة ١٠ كم ومقدار رفع المحطة حوالى ١٠ متر والمحطة الواحدة تحتوى على ١٠ وحدات منهم ٣ أحتياطي وتصرف الوحدة الواحدة حوالي ١٠ م٣/ث وتتفرع من ترعة النصر ترع فرعية Primary Canal يتفرع منها ترع توزيع Secondary Canal والتى تنتهى بالمساقى Tertiary canal و يخدم المسقى ٧ مزارعين كل مزارع بحيازته ٦ فدان

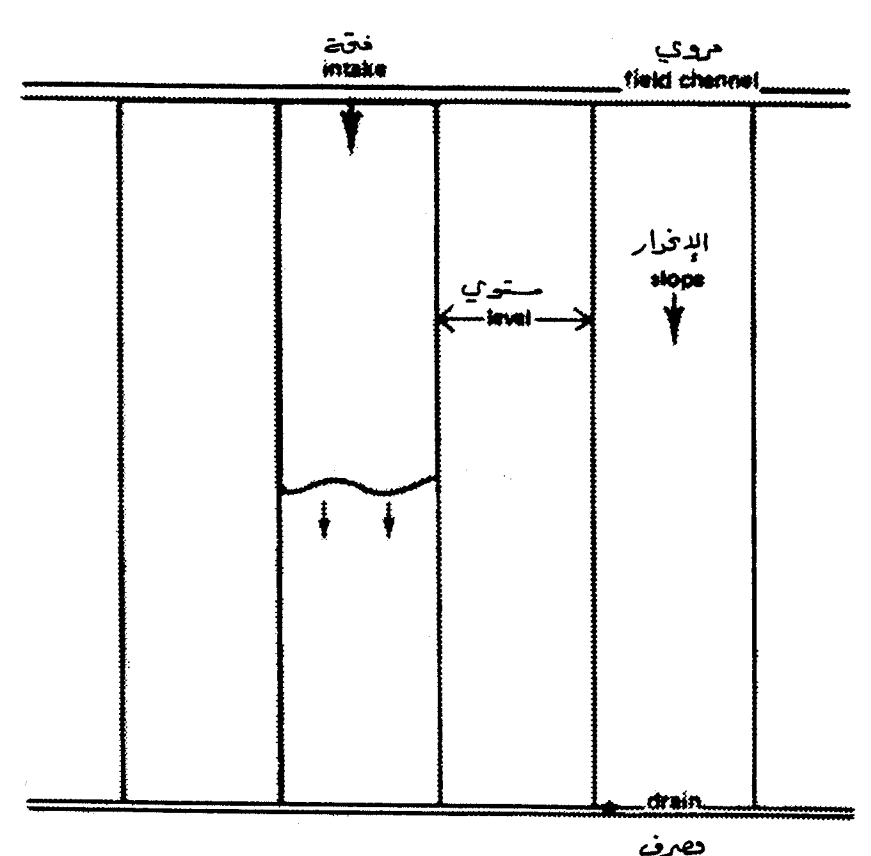
وذلك للمسقي على يد واحدة أما إذا كان المسقي على اليدين فإن المسقي يخدم ١٤ مزارع أي ٨٤ فدان بحيث أن التصرف المار في المسقي ٢٢ لتر/ث في حالة ٧ مزارعين ويتم الري بحيث كل مزارع يروى لمدة يوم (٢٤ ساعة) وبذلك يكفى الأسبوع لري ٧ حقول أي أن الفترة بين الريات ٧ أيام أما في حالة المسقي على اليدين أي ١٤ مزارع فإن التصرف يكون ٤٤ لتر/ث ويتم الحصول على هذا التصرف بزيادة انحدار المسقي وهو بنفس أبعاد المسقي على يد واحدة الذي ينقل تصرف ٢٢ لتر/ث وبذلك فإنه بزيادة انحدار المسقي يتم مضاعفة سرعة المياه وبالتالي مضاعفة التصرف ويتم الري بحيث يقوم كل ٢ مزارعين بالري في نفس الوقت لمدة يوم (٢٤ ساعة) على أن يتم الانتهاء من ري مساحة ٨٤ فدان في خلال أسبوع. ويتضح من هذا أن المياه تطلق في المساقى بصفة مستمرة وهذا هو التصميم الأصلي لهذه المنطقة ولكن نظرا لقلة المياه فقد تم عمل مناوبات على أساس أن يتم إعطاء المياه لمدة أسبوع عمالة وقطع المياه لمدة ١٤ يوم بطالة وهكذا يحصل المزارعين على المياه طبقا لمناوبة ري مدرتها ٢١ يوم (٧ عمالة + ١٤ بطالة) مما يعرض المحاصيل إلى إجهاد رطوبي يتسبب في تخفيض الإنتاجية عدا بعض المزارعين الأوفر حظا حيث تقع أراضيهم في بدايات الترع أو بالقرب من المصارف مما يمكنهم من تعويض النقص في المياه أما بالري مرتين أثناء دور العمالة أو باستخدام مياه الصرف أثناء فترة أقصى الاحتياجات وذلك باستخدام طلمبات ديزل متنقلة.

شبكة توزيع المياه في الأراضي الجديدة بمنطقة بنجر السكر بأقليم النوبارية

تخطيط لنظام ري سطحي لحقل مساحته ٦ فدان بمنطقة بنجر السكر

الري بالشرائح

يستخدم الري بالشرائح حينما يوجد انحدار منتظم في الأرض في اتجاه واحد حيث تقسم الأرض في هذه الحالة إلى شرائح طولية ذات انحدار طولي منتظم بينما يعتمد عرض الشريحة على التصرف المتاح. ويتم إطلاق المياه في الشريحة لحين وصول موجة المياه إلى ¾ طول الشريحة ثم تقطع المياه وتترك موجة المياه لتنساب إلى نهاية الشريحة وعند التصميم الصحيح تكمل موجة المياه المسافة لنهاية الشريحة. ويلائم الري بالشرائح المحاصيل الكثيفة والتربة الثقيلة إلى المتوسطة أما في التربة الخفيفة فيجب أن تقل طول الشريحة حتى لا يحدث زيادة في التسرب العميق عند بداية الشريحة. ويمكن حساب زمن إطلاق المياه من نفس المعادلة التي استخدمت في الري بالأحواض. والرسم التالي يوضح تخطيط الري بالشرائح.



الري بالخطوط

في الري بالخطوط تقسم الأرض بحيث تسري المياه في قنوات صغيرة طولية تسمى خطوط ويجب أن يكون قوام التربة ثقيلة إلى متوسطة حتى تتسرب المياه من بطن الخط عرضيا بالخاصية الشعرية لتصل إلى جذور النباتات حيث أن التربة الرملية تتحرك فيها المياه رأسيا والحركة الشعرية تكون ضعيفة ولاتصل فيها المياه عرضيا إلى منطقة الجذور. ويلائم الري بالخطوط المحاصيل التي تزرع على خطوط مثل الذرة والقطن والبطاطس وبعض محاصيل الخضراوات. ونلاحظ أنه في الري بالخطوط تغمر الأرض جزئيا بعكس الري بالأحواض والشرائح. ويعتمد التصرف المستعمل على الميل الطولي للخط ويحسب أقصى تصرف يمكن استخدامه بحيث لا يحدث نحر في التربة من المعادلة التجريبية الآتية:-

$$Q = \frac{0.6}{S\%}$$

حيث Q تصرف الخط لتر/ثانية – $S\%$ ميل الخط كنسبة مئوية.

فمثلا إذا كان الميل الطولي للخط ١٠ سم لكل ١٠٠ متر طول فأن الميل الطولى كنسبة مئوية يساوي ٠,١٠ % وبالتعويض في المعادلة فأن أقصى تصرف لا يحدث نحر ٦ لتر/ث . وبالطبع فأن التصرف المستخدم عمليا لا يصل إلى هذا الحد الأقصى وغالبا يستخدم تصرف يتراوح بين ١ إلى ٣ لتر/ث للخط.

ظهر الخط
بداية الخط
نهاية الخط
بطن الخط
Upstream End
Downstream End
Stored Water
Dry
Excess Water or Deep Percolation
تسرب عميق تحت منطقة الجذور

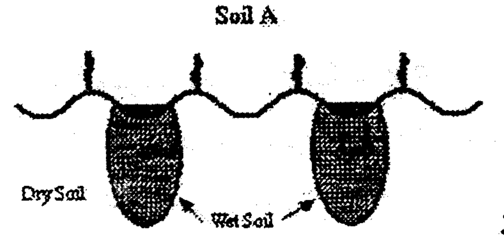
Ia. Poor uniformity - adjust stream size and set time.

بداية الخط
نهاية الخط
Upstream End
Downstream End
Stored Water
Dry

Ib. Ideal infiltration pattern. توزيع جيد للمياه

الشكل العلوي يوضح توزيع سيئ للمياه حيث يوجد تسرب عميق تحت منطقة الجذور يتطلب تعديل كل من التصرف وزمن الري بينما يوضح الشكل السفلي توزيع جيد للمياه.

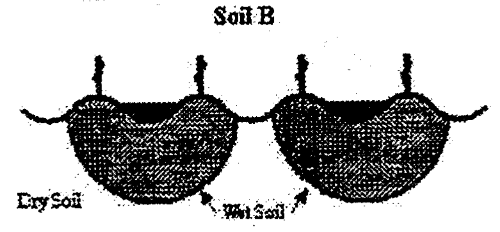
Soil A



This soil does not provide enough lateral movement for this wetted furrow spacing.

التربة خفيفة وتحرك المياه عرضيا بالخاصية الشعرية غير كافى لأبتلال المسافة بين الخطوط

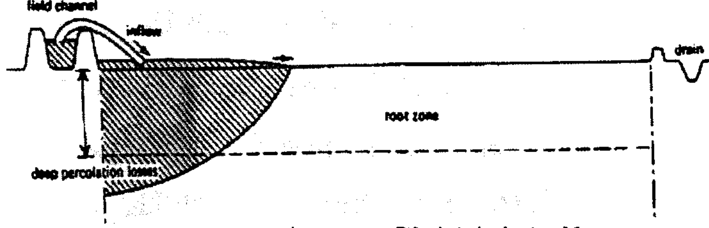
Soil B

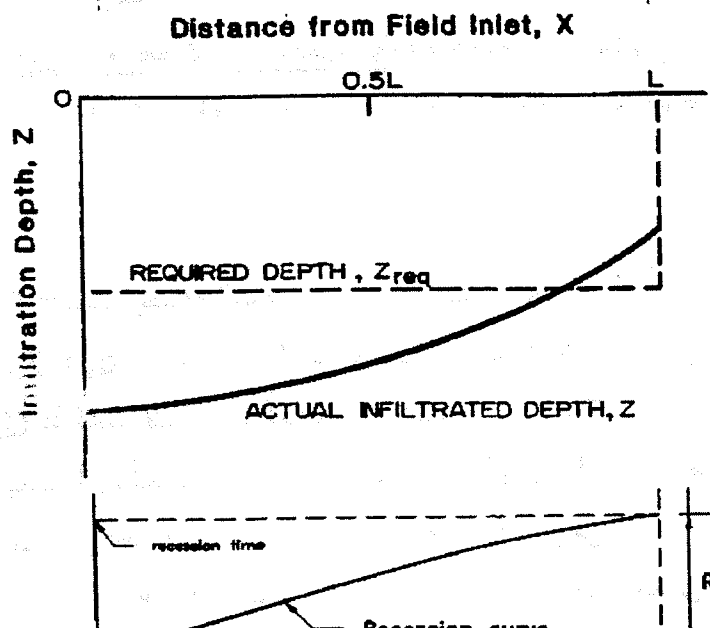


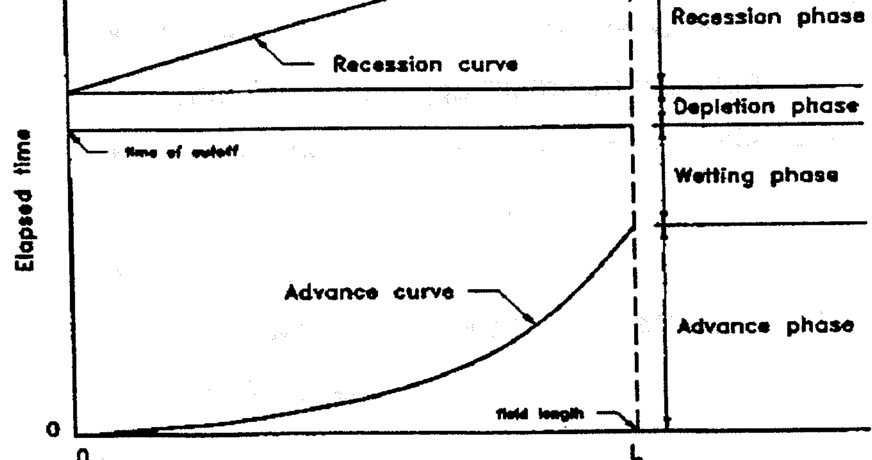
Lateral movement okay for this wetted furrow spacing and soil.

نوع التربة يناسب الري بالخطوط حيث أن تحرك المياه عرضيا بالخاصية الشعرية كافى لأبتلال المسافة بين الخطوط

Surface Irrigation Phases مراحل الري السطحي







وتنقسم المراحل التى تتم بها عملية الري السطحي الي :-

١ - مرحلة تقدم موجة المياه Advance Phase

٢- مرحلة التخزين Storage Phase

٣- مرحلة الاستنفاذ Depletion Phase

٤- مرحلة الانحسار Recession Phase

معايير أداء نظم الري السطحي Performance Parameters

١- كفاءة إضافة المياه Water application efficiency

$$E_a = \frac{Z_{req} \times L}{Q_u \times T_{co}}$$

E_a = كفاءة إضافة المياه L = طول الحوض أو الشريحة أو الخط

Z_{req} = d_n = عمق ماء الري الصافي المطلوب لمنطقة الجذور

Q_u = التصرف لوحدة العرض من الحقل T_{co} = زمن إطلاق المياه

ويجب أن نلاحظ هناأن العمق المتسرب Zreq والذى تم أختزانه فى منطقة الجذور يوجد له ثلاث حالات للتعبير عن الكفاءة وهي.-

- اقل عمق و هي طريقة أكثر تحفظا وتعطى كفاءة منخفضة Absolute minimum application efficiency
- متوسط الأعماق المتسربة والمختزنة فى منطقة الجذور Application efficiency (AE)
- متوسط أقل ربع للأعماق المتسربة والمختزنة فى منطقة الجذور Actual application efficiency of low-quarter (AELQ)

٢- انتظامية التوزيع (تجانس التوزيع) Distribution Uniformity

$$DU = \frac{Z_{lq}}{Z_{av}}$$

DU = تجانس التوزيع Z_{av} = متوسط أعماق المياه المتسربة

Z_{lq} = متوسط العمق المتسرب في أقل ٢٥% من الأعماق المتسربة

Low-quarter depth =

ويلاحظ هنا الفرق بين تجانس التوزيع وكفاءة أضافة المياه حيث أن البسط هنا هو متوسط الأعماق المتسربة فى أقل ربع أما فى كفاءة أضافة المياه فهو أقل عمق متسرب وان المقام هنا هو متوسط الأعماق المتسربة أما فى حالة كفاءة أضافة المياه فهو متوسط العمق المضاف. والفرق بين متوسط العمق المضاف dg ومتوسط العمق المتسرب Zav هو عمق الجريان السطحى RO كما يلي

Zav–RO= dg

وفي حالة عدم وجود جريان سطحي كما هو الحال في الري بالتنقيط قد يستخدم تجانس التوزيع DU مكان كفاءة أضافة المياه Ea .

٣- معامل الانتظام أو التجانس Christiansen's Uniformity Coefficient

$$CU = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} |Z_i - Z_{av}|}{n \times Z_{av}}$$

Z_i = العمق المتسرب i Z_{av} = متوسط الأعماق المتسربة

n. =عدد الأعماق المتسربة CU = معامل الانتظام

فى بعض الأحيان يتم أستخدام تعبير مقابل لمعامل الأنتظام ومكافئ له يطلق عليه كفاءة التوزيع Distribution Efficiency (Ed) وبذلك يكون CU = Ed

$$E_d = 1 - \frac{y}{d}$$

٤- نسبة التسرب العميق Deep Percolation Ratio

$$D_{pr} = \frac{L\left(Z_{av} - Z_{req}\right)}{Q_u \times T_{co}}$$

٥- نسبة التقدم Advance Ratio

$$AR = \frac{T_L}{T - T_L}$$

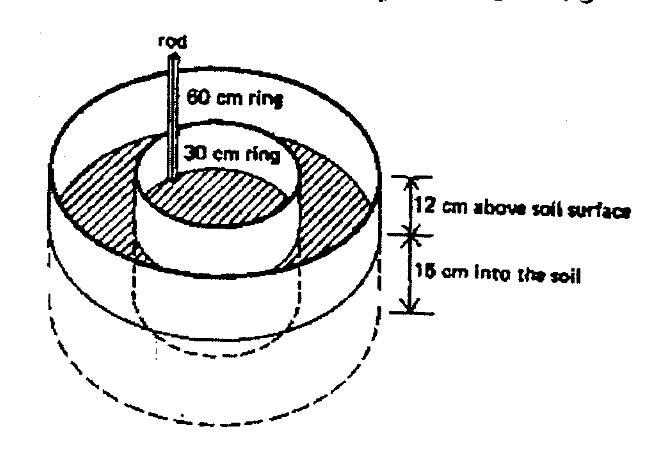
T_L = زمن وصول موجة المياه لنهاية الحقل

$T-T_L$ = زمن بقاء المياه في نهاية الحقل أو الزمن اللازم لتسرب عمق ماء الري الصافي $d_n=Z_n$

ويحسب زمن التسرب من معادلة التسرب التى يتم الحصول عليها من تجربة الأسطوانة المزدوجة Double Ring Infiltrometer وتوجد معادلة التسرب Infiltration العلاقة بين عمق الماء المتسرب Z وزمن فرصة التسرب T ويطلق عليها معادلة كوستياكوف Kostiakov $Z = kT^m$ حيث تمثل كل من k,m ثوابت المعادلة ويمكن الحصول من هذه المعادلة على الزمن T_n اللازم لتسرب عمق ماء الري الصافي d_n أو Z_n كما يلي

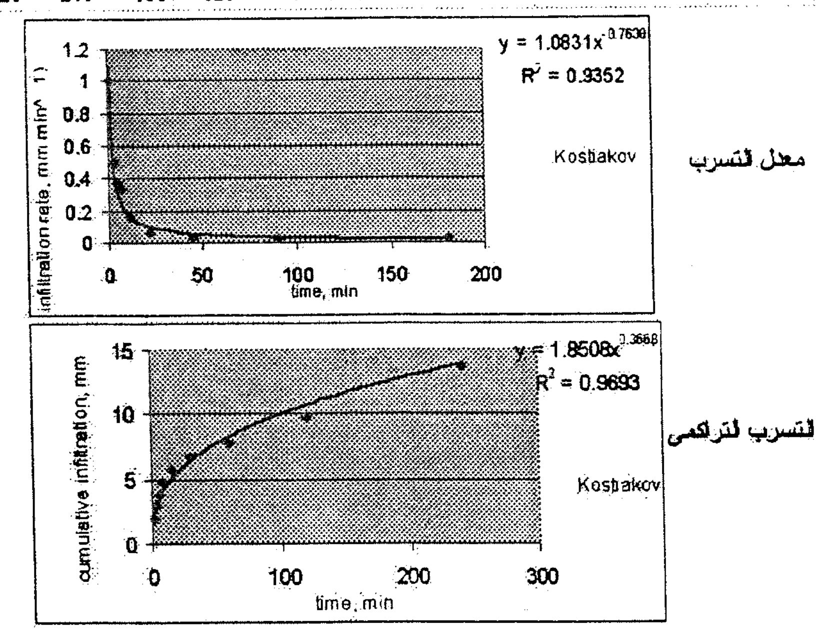
$$d_n \quad {}_n \quad kT_n^{m}$$

$$T_n = \left(\frac{Z_n}{k}\right)^{\frac{1}{m}}$$



والجدول التالى يوضح القراءات لتجربة الأسطوانة المزدوجة وكيفية تحليلها بأستخدام برنامج ميكروسوفت أكسل ورسم كل من منحنى التسرب التركمى ومعدل التسرب.

Infiltration equation from direct measurement (Kostiakov equation).									
z=k*t^m			Infiltration in mm and in mm min^(-1)						
dz/dt=k*m*t^(m-1)			Measured				Predicted		
Time in minutes			increr	cumul	rate		dz/dt=1.0831*t^(-0.7638)		
start	stop	mid	delta t	dz	z	dz/dt		z=1.850	z=4.585t^0.2362
0	2	1	2	2	2	1	1.0831	2.3866	5.40061
2	4	3	2	1	3	0.5	0.468	3.0775	6.3613
4	6	5	2	0.75	3.75	0.375	0.31681	3.571	7.00065
6	9	7.5	3	1	4.75	0.333	0.23243	4.1436	7.70427
9	15	12	6	1	5.75	0.167	0.16233	4.9975	8.69225
15	30	22.5	15	1	6.75	0.067	0.10043	6.4442	10.2385
30	60	45	30	1	7.75	0.033	0.05915	8.3097	12.0598
60	120	90	60	2	9.75	0.033	0.03484	10.715	14.205
120	240	180	120	4	13.8	0.033	0.02052	13.817	16.7319



والجدول يحتوي على القراءات الحقلية للزمن ومقدار الانخفاض في مستوى المياه داخل الاسطوانة الداخلية بالمم كما يلي :

العمود رقم ١ : يحتوي على بداية الفترة الزمنية بالدقيقة

العمود رقم ٢ : يحتوي على نهاية القدرة الزمنية

العمود رقم ٣ : يحتوي على قراءة الزمن t وهي عبارة عن متوسط بداية ونهاية الفترة الزمنية أي متوسط العمود ١ والعمود ٢.

العمود رقم ٤ : يحتوي على الفترة الزمنية Δt وهي عبارة عن فرق العمود ٢ – العمود ١.

العمود رقم ٥ : يحتوي على مقدار الانخفاض في مستوى المياه داخل الاسطوانة الداخلية من التجربة الحقلية dz

العمود رقم ٦ : يحتوي على العمق التراكمي لتسرب المياه z وهو بمثابة مجموع قيمة z السابقة مضافاً إليها قيمة dz الحالية.

العمود رقم ٧ : ويحتوي معدل التسرب $\frac{dz}{dt}$ وهو خارج قسمة العمود رقم ٥ والعمود رقم ٤

العمود رقم ٨ : وهو يحتوي على قيمة معدل التسرب $\frac{dz}{dt}$ والمتحصل عليها من معادلة توفيق منحنى البيانات أي العلاقة بين رسم المنحنى للعمود رقم ٣ الذي يمثل الزمن والعمود رقم ٧ الذي يمثل معدل التسرب وذلك باختيارنا توفيق المنحنى بعلاقة أسية وهي كما هو مبين بالرسم.

$$\frac{dz}{dt} = 1.0831\, t^{(-0.7638)}$$

العمود رقم ٩ : ويحتوي على قيمة العمق التراكمي للتسرب z والمتحصل عليها من معادلة توفيق منحنى البيانات أي العلاقة بين رسم المنحنى

للعمود رقم٣ الذي يمثل الزمن والعمود رقم٦ الذي يمثل العمق التراكمي للماء المتسرب بعلاقة أسية كما هو مبين بالمنحنى الثاني.

$$Z = 1.8508\, t^{0.3668}$$

مع ملاحظة أنه داخل المنحنى x تمثل t أي المحور الأفقي ، y تمثل z أي المحور الراسي

العمود رقم ١٠ : نحصل على هذا العمود من معادلة التسرب التراكمي z الناتجة من تكامل معادلة معدل التسرب الموجودة بالعمود رقم٨ كما يلي

$$\frac{dz}{dt} = 1.0831\, t^{-0.7638}$$

$$\int_0^z dz = \int_0^t 1.0831\, t^{-0.7638}\, dt$$

$$z = \frac{1.0831}{(1+(-0.7638))} t^{[1+(-0.7638)]}$$

$$z = 4.585\, t^{0.2362}$$

وباستخدام هذه المعادلة نعوض عن قيمة t من العمود رقم٣ فنحصل على قيم العمود رقم١٠ التي يمكن مقارنتها بقيم العمود رقم٩ والمتحصل عليها من معادلة z لتوفيق منحنى البيانات أما قيم العمود رقم١٠ فهي لمعادلة z الناتجة من تكامل معادلة معدل التسرب.

ويلاحظ هنا أننا استخدمنا برنامج الأكسل Excel لتحليل بيانات التجربة والحصول على معادلة معدل التسرب ومعادلة التسرب التراكمي بدلاً من توقيع البيانات على الرسم البياني اللوغاريتمي والحصول على ثوابت المعادلة كما كان يتم في السابق

حيث أن الكمبيوتر الشخصي أصبح الآن متاح للغالبية العظمى وفي جميع الأماكن والمنازل.

وفى الجدول السابق تم أيجاد التنبؤ بقيم عمق التسرب التراكمى فى الخانة الأخيرة من الجدول من تكامل معادلة معدل التسرب كما يلى

dz/dt=1.0883t^(-0.7638)

dz=1.0831t^(-0.7638)dt

z=1.0831/(1+(-0.7638))t^(1+(-0.7638))

z=4.585t^.2362

مثال ١: أحسب أقل تصرف يمكن استخدامه لري مساحة ١ فدان غمرا إذا كانت التربة لوميه رملية ومعدل التسرب الأساسي المتوسط لها ١٩ مم / ساعة. إذا أستخدم هذا التصرف لري الفدان في زمن ٤ ساعات كل أسبوع وكانت كفاءة إضافة المياه ٦٥% فأحسب أقصى استهلاك مائي يومي يمكن الحصول عليه.

$$Q \times T = A \times dg$$

$$Q = A \times \frac{dg}{T}$$

$$\acute{Q} = A \times I$$

$$Q = 4200\ m^2 \times 19 \frac{mm \times m}{1000\ mm \times hour} = 80\ m^3/h$$

$$dg = I \times T$$

$$dg = 19 \frac{mm}{hour} \times 4\ hours = 76\ mm$$

$$dn = dg \times Ea$$

$$dn = 76 \times 0.65 = 49.5\ mm$$

$$ET_c = \frac{dn}{F} = \frac{49.5\ mm}{7\ days} \cong 7\ mm/day$$

مثال ٢- فى عملية رى سطحى لحوض طوله ١٠٠ متر وعرضه ٤٠ متر وجد أن الفرق فى الزمن بين وصول موجة المياه لنهاية الحوض وأنحسارها هو ٣ ساعات وأن زمن الرى عند بداية الحوض هو ٤ ساعات بفرض أنحسار المياه عند بداية الحوض بمجرد قطع المياه . فاذا كان الطلمبة المستعملة فى رفع المياه تعطى تصرف ٣٠ لتر / ث وأن معادلة عمق الماء

$Z = 5.3\sqrt{T}$

المتسرب فى التربة هى كما هو مبين

حيث Z عمق الماء المتسرب بالمم T الزمن بالدقيقة فأحسب معايير أداء الرى الآتية Ea , Du, DPr, AR فأذا كانت السعة الحقلية للتربة ١٨% ونسبة الذبول ٨% وعمق منطقة الجذور ٩٠ سم وكثافة التربة النسبية ١,٥ فأوجد نسبة أستنفاذ الرطوبة فى التربة Depletion وكذلك الفيرة بين الريات أذا علمت أن الأستهلاك المائى للمحصول ٥ مم/ يوم .

الحل

فى هذه المسألة نجد أن زمن بقاء المياه فوق سطح الأرض عند بداية الحوض هو ٤ ساعات وان بقائها عند نهاية الحوض ٣ ساعات ولمعرفة عمق الماء المتسرب عند بداية ونهاية الحوض نقوم بالتعويض فى معادلة التسرب المعطاه كمايلى

$$Z = 5.3\sqrt{T}$$

$$Z_u = 5.3\sqrt{4\times 60} = 82.1mm$$

$$Z_L = Z_{req} = 5.3\sqrt{3\times 60} = 71.1mm$$

$$Qu = \frac{Q}{w} = \frac{30\times 3.6m^3/h}{40m} = 2.7m^2/h$$

$$E_a = \frac{Z_{req}\times L}{Q_u \times T_{co}}$$

$$Ea = \frac{\frac{71.1}{1000}\times 100}{2.7\times 4} = 0.658$$

حصلنا من معادلة التسرب على عمق الماء المتسرب Zu عند بداية الحوض ، ZL عند نهاية الحوض وللحكم على تجانس توزيع المياه المتسربة نفترض أن توزيعها خطى حيث لايتوافر لدينا أية قراءات أخرى توضح شكل التوزيع وبأستخدام النسبة والتناسب أو تشابه المثلثات يمكن الحصول على متوسط العمق المتسرب فى الربع الأخير من الحوض كما يلى

$$\frac{1}{4} = \frac{X}{82.1-71.1}$$

$$X = 2.75mm$$

$$DU = \frac{Z_{lq}}{Z_{av}}$$

0.5L 0.75L L

X ZL=71.1

Zav=76.6

Zu=82.1

$$Du = \frac{71.1+\frac{2.75}{2}}{\frac{82.1+71.1}{2}} = \frac{72.475}{76.6} = 0.946$$

$$CU = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}\left|Z_i - Z_{av}\right|}{n\times Z_{av}}$$

فى بعض الأحيان يتم أستخدام تعبير مقابل لمعامل الأنتظام ومكافئ له يطلق عليه كفاءة التوزيع (Ed) Distribution Efficiency وبذلك يكون CU = Ed

$$Ed = 1 - \frac{y}{d}$$

$$y = \frac{\frac{82.1-76.6}{2} + \frac{76.6-71.1}{2}}{2} = 2.75$$

$$Ed = 1 - \frac{2.75}{76.6} = 0.964$$

حيث d=Zav تساوى متوسط الأعماق المتسربة ، y متوسط مجموع الأنحرافات المطلقة عن المتوسط.

$$D_{pr} = \frac{L\left(Z_{av} - Z_{req}\right)}{Q_u \times T_{co}}$$

$$D_{pr} = \frac{100\times\frac{76.6-71.1}{1000}}{2.7\times 4} = 0.051 = 5.1\%$$

$$AR = \frac{T_L}{T - T_L}$$

$$AR = \frac{1}{4-1} = 0.33$$

$$dn = \frac{FC - PWP}{100}\times\gamma_b \times D \times depletion$$

$$71.1 = \frac{18-8}{100}\times 1.5\times(0.9\times 1000)\times depletion$$

$$depletion = 0.53$$

$$F = \frac{dn}{ETc} = \frac{71.1}{5} = 14 days$$

مثال ٣- تم تحويل تصرف ١٠٠ لتر/ث من ترعة توزيع يصل منها ٨٥ لتر/ث للحقل فاذا كان الزمن اللازم للرى هو ٥ ساعات وعمق منطقة الجذور ١,٨ متر ومتوسط الفائض السطحى ٤٠ لتر/ث ويستمر لمدة ٢,٥ ساعة أحسب:- كفاءة نقل المياه - كفاءة أضافة المياه – كفاءة تخزين المياه كفاءة توزيع المياه أذا علمت أن عمق تخلل المياه داخل التربة يتوزع خطيا من ١,٨ م عند رأس الحقل الى ١ م عند نهاية الحقل.

الحل

$$Ec = \frac{water\ delivered}{water\ diverted} = \frac{85}{100} = 0.85$$

$$Ea = \frac{water\ stored}{water delivered} = \frac{delivered - runoff}{delivered}$$

$$Ea = \frac{85\times 5 - 40\times 2.5}{85\times 5} = 0.765$$

$$Es = \frac{water\ stored}{water\ needed} = \frac{Z_{av}}{Z_{root}} = \frac{\frac{1.8+1.0}{2}}{1.8} = 0.778$$

$$Ed = 1 - \frac{y}{d}$$

$$d = \frac{1.8+1.0}{2} = 1.4m$$

$$y = \frac{\frac{0.4+0}{2} + \frac{0.4+0}{2} ---}{2} = 0.2$$

$$Ed = 1 - \frac{0.2}{1.4} = 0.86 = 86\%$$

العلاقة بين زمن تقدم موجة المياه ومعدل التسرب (النفاذية) والتسرب العميق

فى عملية الرى السطحى يتم إضافة المياه عند بداية الحقل وبذلك تبدأ المياه فى التسرب والنفاذية خلال التربة إلى أن تصل موجة المياه لنهاية الحقل وبذلك يكون قد تسرب للتربة عمق مياه يصل إلى أقصاه عند بداية الحقل بينما يصل إلى الصفر عند نهاية الحقل وبعد ذلك تبدأ المياه فى التسرب خلال التربة عند نهاية الحقل إلى أن تبدأ المياه فى الاختفاء عند بداية الحقل ويكون قد تسرب للتربة عمق مياه قدره D_u بينما يكون قد وصل عند اختفاء المياه عند نهاية الحقل D_L وحيث أن D_u أكبر من D_L بسبب زيادة زمن فرصة تسرب

المياه عند بداية الحقل عنها عند نهاية الحقل بمقدار زمن تقدم موجة المياه من بداية الحقل إلى نهايته.

ولإيجاد عمق الماء المتسرب سواء عند بداية الحقل أو نهايته تستخدم معادلة التسرب فى التربة infiltration والمتحصل عليها من تجربة الاسطوانة المزدوجة وهى:

$$d = k\,t^{n}$$

حيث: d : عمق ماء التسرب التراكمى

t : زمن التسرب

k ، m : ثوابت المعادلة

وتؤخذ قيمة الأس m تساوى 0.5 فى بعض الأحيان لتسهيل التحليل وسوف نفترض أيضا أن منحنى تقدم المياه فى خط مستقيم و أن منحنى الانحسار أيضا خطى.

وسوف نقوم بالتحليل على فرض أن موجة المياه تصل لنهاية الحقل فى ١/٤ الزمن المطلوب لتسرب المياه عند نهاية الحقل ى $t = t_n$ أى ان زمن وصول المياه لنهاية الحقل t_a تساوى.

$$t_a = \frac{t_n}{4}$$

وبالتعويض فى معادلة تسرب المياه عن زمن التسرب t_n تحصل على عمق الماء المتسرب D_L وبالتعويض عن زمن التسرب $\frac{5}{4}t_n$ نحصل على عمق الماء المتسرب عند بداية الحقل D_u. وبتعريف متوسط الفاقد فى التسرب العميق

$$\text{average deep percolation depth} = \frac{D_u - D_L}{2}$$

ومتوسط عمق الماء المتسرب

$$\text{average infiltration depth} = \frac{D_u + D_L}{2}$$

يكون النسبة المئوية للفاقد فى التسرب العميق

$$\text{percent deep percolation loss} = \frac{D_u - D_L}{D_u + D_L} \times 100$$

وبالتعويض عن قيمة D_L ، D_u الناتج من معادلة التسرب

$$D_L = k\sqrt{t_n}$$

$$D_u = k\sqrt{\frac{5}{4}t_n}$$

$$\%DP\ \text{loss} = \frac{k\sqrt{\frac{5}{4}t_n} - k\sqrt{t_n}}{k\sqrt{\frac{5}{4}t_n} + k\sqrt{t_n}} \times 100$$

$$= \frac{\sqrt{\frac{5}{4}} - 1}{\sqrt{\frac{5}{4}} + 1} \times 100 = \frac{\sqrt{5} - 2}{\sqrt{5} + 2} \times 100$$

$$= 5.57\ \%$$

ويمكننا بنفس الطريقة إيجاد النسبة المئوية للفاقد بالتسرب العميق %DP loss على فرض أن موجة المياه تصل إلى نهاية الحقل فى زمن $t_a = \frac{T_n}{3}$

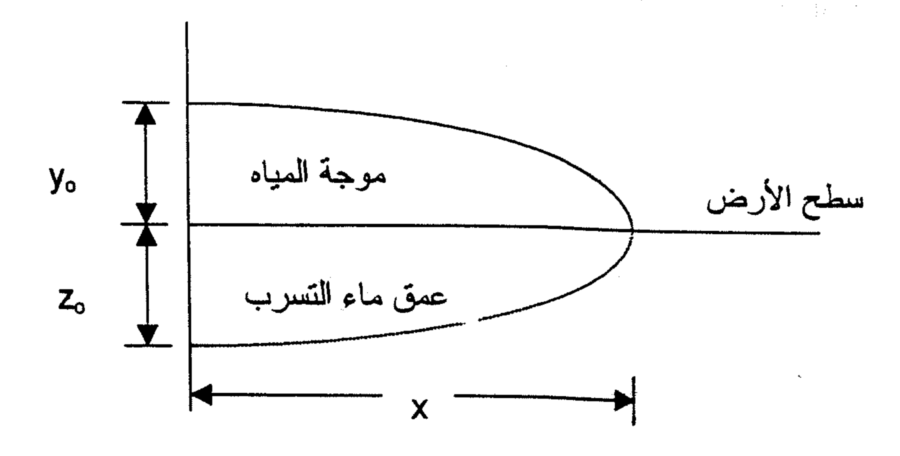
فنجدها بعد التعويض بنفس الطريقة تساوى ٧,٢% وهكذا بالرغم من أن هذه العلاقات وصفت أساساً لنظام الرى بالخطوط إلا أنه يمكن استخدامها للأنواع الأخرى لنظم الرى السطحى.

هيدروليكا الرى السطحى

Surface Irrigation Hydraulics

يعتبر سريان المياه فوق سطح الأرض خلال الرى السطحى متغير وليس منتظماً حيث يقل تصرف المياه مع المسافة نتيجة وجود تسرب للمياه خلال التربة ويعتبر أيضاً غير مستقر حيث أنه متغير مع الزمن ولذلك فإن محاولة وصف السريان فى الرى السطحى تخضع لمعادلات تفاضلية تتغير مع كل من المسافة والزمن لذلك فسوف نكتفى هنا بشرح معادلة التوازن الحجمى volume balance equation لوصف هيدروليكا الرى السطحى.

معادلة التوازن الحجمى Volume balance equation



تنص معادلة التوازن الحجمى على أن الحجم المضاف بواسطة التصرف q عند بداية الحقل خلال زمن t يساوى حجم الماء الموجود فوق سطح التربة

والمتمثل فى حجم موجة المياه بالإضافة إلى حجم الماء المتسرب خلال التربة كما يلى:

$$q'.t = \bar{y}.x + \bar{z}x$$

حيث: q : التصرف عند بداية الحقل لوحدة العرض.

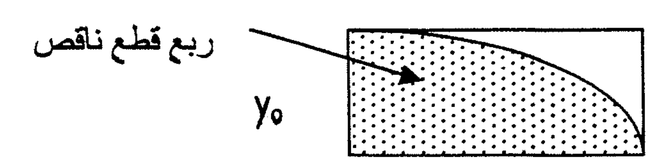
t : زمن فتح المياه.

$\bar{y}$: متوسط عمق موجة المياه فوق سطح التربة.

x : مسافة تقدم موجة المياه مقاسة من بداية الحقل.

$\bar{z}$: متوسط عمق الماء المتسرب خلال التربة.

وحيث أنه يمكن إيجاد عمق تصرف المياه عند بداية الحقل y_o مباشرة من معادلة ماتينج التى تصف السريان فى القنوات المكشوفة (المجرى المائى) ويعتبر هذا العمق هو أقصى عمق للمياه حيث أن يتناقص كلما ابتعدنا عن بداية الحقل نتيجة تسرب جزء من المياه خلال التربة ولإيجاد عمق الماء المتوسط فوق سطح التربة بمعلومية y_o يمكن فرض شكل موجة المياه على أنها ربع قطع ناقص كما فى الشكل:



وبذلك يمكن إيجاد قيمة معامل الشكل shape factor σ_y على أنه نسبة مساحة ربع القطع الناقص إلى مساحة المستطيل كما يلى:

$$\sigma_y = \frac{\frac{\pi}{4} y_o.x}{y_o.x} = 0.77$$

$$\bar{y} = \sigma_y . y_o = 0.77\ y_o$$

أما متوسط عمق الماء المتسرب خلال التربة $\bar{z}$ فنحصل عليه بإجراء التكامل لمعادلة التسرب كما يلى:

$$z = k t^m$$

$$\int_0^t z.dt = \int_0^t k t^m .dt$$

$$\bar{z}.t = \frac{k t^{m+1}}{m+1}$$

$$\bar{z} = \frac{k t^m}{m+1} = \frac{z_o}{m+1}$$

حيث أن أقصى عمق للماء المتسرب z_o يحدث عند بداية الحقل حيث أن زمن التسرب يكون أقصى ما يمكن لأن زمن تقدم موجة المياه يساوى صفراً عند بداية الحقل وبالتالى فإن زمن التسرب يبدأ بمجرد فتح المياه أى يساوى t وبأخذ القيمة التقليدية للأس $m = 0.5$ فإن:

$$\bar{z} = \frac{z_o}{0.5+1} = 0.67\, z_o \qquad \therefore \sigma_z = 0.67$$

أى أن قيمة معامل الشكل لعمق الماء المتسرب σ_z تساوى ٠,٦٧ وبالرجوع مرة أخرى إلى طريقة إيجاد أقصى عمق لماء الرى عند بداية الحقل y_o من معادلة مانينج Manning's equation

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

وتطبيقها على المجرى المتسع wide channel كما بالرسم

y

b

حيث: Q : التصرف المار بالمجرى (م^٣/ث).

S : الميل الطولى للمجرى (لتر/متر) أو انحدار الأرض فى اتجاه السريان.

A : مساحة مقطع السريان (م^٢)

n : خشونة سطح الأرض (معامل مانينج) وقد يتراوح بين ٠,٠٤ و ٠,٢٥

R : نصف القطر الهيدروليكى (م) وهو يساوى مساحة مقطع السريان مقسوماً على المحيط المبتل للسريان P أى

$$R = \frac{A}{P} = \frac{b.y}{b+2y}$$

وحيث أنه فى المجرى المتسع يكون عمق السريان صغيراً جداً بالمقارنة بعرض المجرى المائى فإن فى حالة المجرى المتسع يكون $R = y$.

وغالباً فى الرى السطحى يعبر عن التصرف بالتصرف لوحدة العرض أى $Q = q . b$ وبالتعويض فى معادلة مانينج.

$$q.b = \frac{1}{n}(b.y)(y)^{2/3} s^{1/2}$$

$$y_o = \left(\frac{q.n}{s^{1/2}}\right)^{0.6}$$

وبالرجوع مرة ثانية إلى معادلة الاتزان الحجمى والتى يمكن وضعها على الصورة الآتية

$$x = \frac{q.t}{\sigma_y . y_o + \sigma_z . z_o}$$

$$x = \frac{q.t}{\sigma_y . \left(\frac{q.n}{s^{1/2}}\right)^{0.6} + \sigma_z .(k\,t^m)}$$

والمعادلة السابقة فى منتهى الأهمية فى الرى السطحى حيث أنها تصف منحنى تقدم موجة المياه وعن طريقها يمكن توقيع هذا المنحنى أى إيجاد موقع موجة المياه عند الأزمنة المختلفة (x, t) أو يمكن إيجاد زمن وصول موجة المياه إلى نهاية الحقل أى بالتعويض عن طول الحقل x. وإيجاد زمن وصول موجة المياه t.

ومن المعادلة السابقة أيضا يتضح أن منحنى التقدم يتأثر بالعوامل الآتية

$$q\ ,\ s\ ,\ n\ ,\ z = k\,t^m$$

وعلى ذلك فإن الحالات التى تساهم فى زيادة سرعة تقدم موجة المياه فى الرى السطحى هى:

١- زيادة التصرف Large flow rate

٢- انخفاض تسرب المياه فى التربة Low intake soil

٣- نعومة سطح التربة Smooth soil surface

٤- زيادة انحدار سطح التربة Steep field slopes

مثال:

فى نظام رى بالأحواض كانت معادلة التسرب التراكمى $z = 2.8\,t^{0.67}$ حيث z عمق التسرب المم، t الزمن بالدقيقة وكانت نسبة التقدم AR = 0.28 والمقابلة لكفاءة إضافة مياه ٩٠% وكان عمق ماء الرى الصافى

المطلوب عند نهاية الحوض ١٠٠ مم وكانت قيمة الخشونة والتصرف لوحدة العرض والميل تساوى

$n' = 0.15$ $\quad$ $q = 0.005\ m^2/s$, $\quad$ $s = 5\ cm/\ 100\ m$

والمطلوب إيجاد:

- زمن فرصة التسرب لعمق ماء الرى الصافى.
- زمن تقدم موجة المياه.
- طول الحوض.
- زمن إضافة المياه.

الحل

$$z = 2.8\,t^{0.67}$$

$$t_n = \left(\frac{100}{2.8}\right)^{\frac{1}{0.67}} = 207.8\ \text{min}$$

$$AR = \frac{t_t}{t_n} \qquad 0.28 = \frac{t_t}{207.8}$$

$$\therefore t_t = 58.18\ \text{min}$$

$$\sigma_z = \frac{1}{m+1} = \frac{1}{0.67+1} = 0.6$$

$$L = \frac{q.t}{\sigma_y . \left(\frac{q.n}{s^{1/2}}\right)^{0.6} + \sigma_z .(k\,t^m)}$$

$$= \frac{0.005 \times 58.15 \times 60}{0.77\left(\frac{0.005\times0.15}{\sqrt{0.0005}}\right)^{0.6} + 0.6 \times 2.8(58.18)^{0.67}}$$

L = 138.53 m

زمن إضافة المياه T_a

$$T_a = \frac{d_n . L}{q . E_a}$$

$$= \frac{(100/1000)\times 138.53}{0.005\times 60\times 0.90} = 51.3 \text{ min}$$

وبذلك يتضح أن للحصول على كفاءة إضافة مياه قدرها ٩٠% يجب قطع المياه بعد زمن ٥١ دقيقة أى قبل زمن وصول موجة المياه لنهاية الحوض وهو ٥٨ دقيقة أو يمكن القول بأنه تقريباً يتم قطع المياه عند وصول موجة المياه لنهاية الحوض بحيث يكون زمن إضافة المياه كافياً لإضافة عمق ماء الرى الصافى المطلوب وهو فى هذه الحالة ١٠٠ مم

مشروع تطوير الرى فى الأراضى القديمة Irrigation Improvement Project

مشروع تطوير الري هو برنامج متكامل من المساقي المبطنة المرفوعة أو خطوط المواسير مع استخدام نقطة رفع واحدة في بداية المسقي single – point lifting وتدار المسقي بواسطة اتحاد مستخدمي المياه (روابط المياه على المسقي) water user's Associations WUAs مع إلغاء نظام المناوبات وإطلاق المياه في الترع بصفة مستمرة Continuous flow وتشكيل إدارة للتوجيه المائي تابعة لوزارة الري.

وبناء على ذلك فإن مشروع تطوير الري يقوم بعمل الآتي:

١- تحويل نظام المناوبات إلى نظام إطلاق المياه بصفة مستمرة فى الترع وذلك للقضاء على الآثار السلبية لنظام المناوبات.

٢- للتأكيد على وجود المياه بصفة مستمرة والحفاظ على مستوى مياه ثابت في الترع يتم استخدام بوابات تحكم أتوماتيكي Downstream gate control وذلك للحصول على مستوى مياه ثابت فى الخلف.

٣- إنشاء مساقى مبطنة مرفوعة على شكل حرف U يطلق عليها U- section أو مواسير ذات محابس Alfalfa valves وذلك كما في الشكل بحيث يتم رفع المياه من ترعة التوزيع بواسطة مضخة للمسقى عند بداية أى عند نقطة واحدة بدلا من استخدام كل مزارع مضخة خاصة به بحيث يقوم بتشغيل المضخة عامل (مشغل) يتم تشغيله عن طريق اتحاد مستخدمي المياه الذي يتم تشكيله على المسقي. فعندما يريد المزارع ري أرضه يقوم بدفع فئة سعريه متفق عليها لمشغل الماكينة (٨ جنيه للفدان مثلا) وعلى ذلك يقوم المشغل بتشغيل الماكينة ويقوم المزارع بفتح بوابة على المسقى المبطنة أو المحبس فى حالة المواسير ويقوم المشغل بشراء السولار والزيت لتشغيل الماكينة ويتم وضع المتبقي منه في حساب بالبنك باسم الاتحاد وذلك بعد دفع أجرة مشغل الماكينة وصيانة الماكينة على أساس أنه يمكن إحلال الماكينة من وديعة البنك.

٤- يتكون من نظام المساقى المرفوع من الشبكة المانعة للأعشاب Trash Rack على ترعة التوزيع وفم المسقي تم بيارة الطلمبة ثم الطلمبة

والمأوى ثم حوض الطرد ثم المسقي المرفوع المركب عليها البوابات عند رأس الحقول أو المراوى ويلاحظ وجود حاجز بارتفاع ثابت داخل حوض الطرد وذلك للمحافظة على مستوى ثابت للمياه في الحوض وعند زيادة مستوى المياه تعود المياه لحوض المص (البيارة) مرة ثابتة (الفائض) وذلك للمحافظة على المسقي.

٥- يتكون نظام خط المواسير من شبكة الأعشاب ومأخذ المسقي ثم بيارة السحب والمضخة والمأوى ثم خزان الطرد pipe stand الذي يحافظ على ارتفاع المياه ثابت داخله عند ٢ متر تقريبا وهذا الضاغط هو اللازم للتغلب على الاحتكاك داخل خط المواسير وإكساب المياه طاقة الحركة اللازمة للسريان وهذا الخزان مزود أيضا بماسورة فائض للمحافظة على مستوى ثابت من المياه داخله بحيث يتسرب الفائض عن هذا المستوى ليعود إلى بيارة السحب ثانية.

ويلاحظ أيضا تزويد نهاية خط المواسير والمناطق المرتفعة بالطبع بماسورة تهوية وذلك لخروج الهواء من الخط وعدم تكون جيوب هوائية تقلل سريان المياه وامتلأ مقطع الماسورة بالكامل.

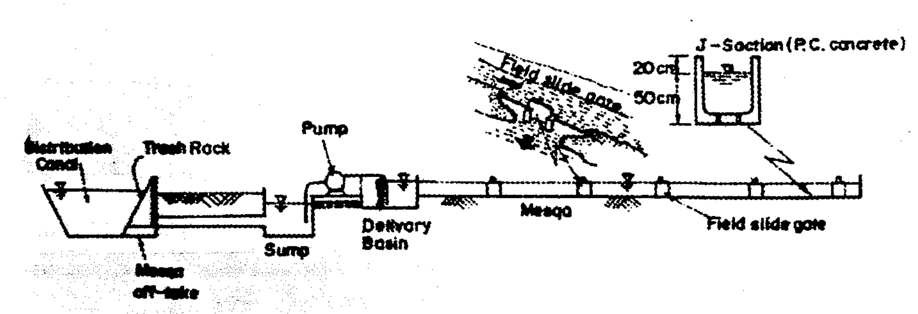


Fig. 1 : Offtake, Pump station, and Raised Mesqa of Irrigation Improvement Project.

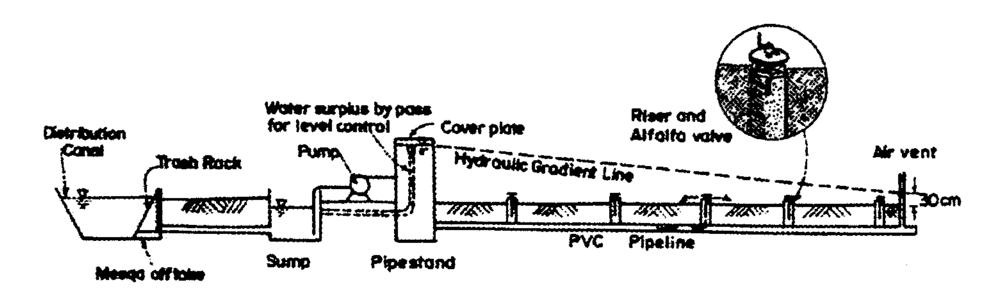


Fig. 2 : Offtake, Pump station, and Pipeline Mesqa of Irrigation Improvement Project.

١١

نظم الري بالرش

Sprinkler Irrigation Systems

ترتكز فكرة الرى بالرش على محاكاة تساقط الأمطار وذلك عن طريق دفع المياه تحت ضغط من خلال فتحات أو رشاشات للجو فى صورة رذاذ فتنتشر ثم تسقط على هيئة قطرات فوق سطح التربة لتصل بمنطقة الجذور الى المحتوى الرطوبى المرغوب. وتولد الضغوط التى تدفع بواسطتها المياه فى مواسير شبكة الرش بواسطة مضخات (طلمبات).

- تعريف نظام الرى بالرش what is a functional definition of sprinkler system؟ هو إضافة وتوزيع المياه على هيئة رذاذ أو تيار مياه يتم تقنيته إلى قطرات بفعل اندفاع المياه تحت ضغط من فوهة (فونية الرشاش orifice (nozzle)

ويفضل أستخدام الرى بالرش فى حالة الأراضى التى تحتاج الى تكاليف مرتفعة لأجراء عمليات التسوية وفى حالة عدم توافر مياه الرى أو أرتفاع تكاليف توفيرها وأيضا يستخدم الرى بالرش فى الأراضى الرملية الخفيفة سريعة النفاذية والتى لا تحتفظ بالرطوبة عند إنتاج محاصيل ذات كثافة نباتية عالية.

مميزات الرى بالرش :

١- يمكن استخدام المصدر المائى ذو التصرف القليل المستمر بكفاءة عالية.

٢- يمكن التخلص من مشاكل الجريان السطحى والنحر.

٣- يمكن رى الأراضى الغير متجانسة بسهولة.

٤- يمكن رى الأراضى غير العميقة والتى لا يمكن ريها بدون تسوية.

٥- يمكن رى الاراضى ذات الطبوغرافية الوعرة بدون تسوية

٦- الحصول على الريات الخفيفة المتكررة بكفاءة عالية.

٧- قلة العمالة المستعملة وذلك لاستخدامها فترة قليلة من اليوم.

٨- التوفير فى كمية المياه وذلك عن طريق التحكم الكامل فيها ونقلها عبر مواسير وبذلك تقضى على الرشح الذى يحدث عند استعمال القنوات المكشوفة.

عيوب الرى بالرش :

١- يحتاج الى رأس مال كبير وذلك حسب نوع النظام.

٢- يلزم لتشغيله ضخ المياه تحت ضغط مناسب وهذا يضيف أيضا تكاليف الطاقة لتشغيله.

٣- يحتاج الى مصدر مائى مستمر التصرف، وفى حالة عدم استمرارة يلزم انشاء خزان.

٤- لا ينصح باستعماله فى حالة الأراضى الثقيلة والتى يصل فيها معدل تسرب المياه الى أقل من ٣ مم/ساعة.

٥- تنخفض كفاءة الرى بالرش فى المناطق المكشوفة حيث الرياح الشديدة والجو الجاف حيث الحرارة العالية والرطوبة المنخفضة.

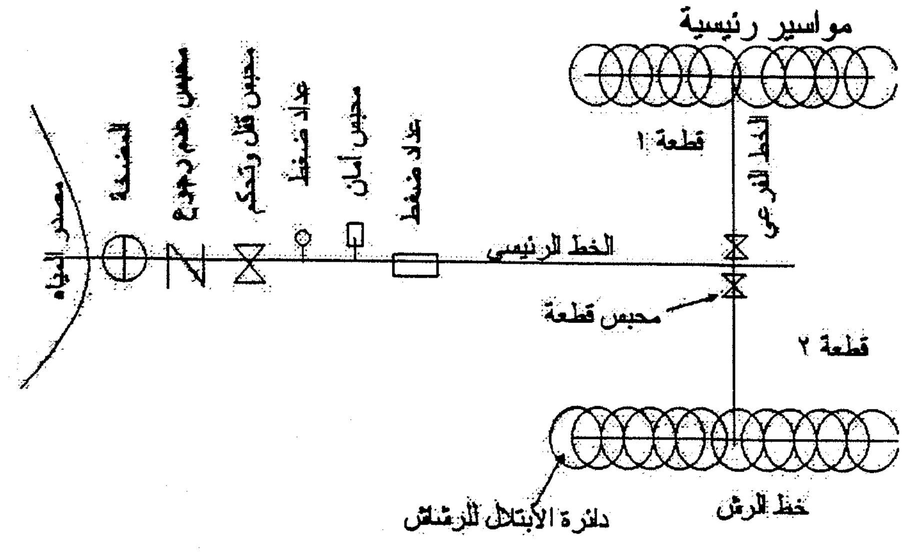
٦- يحتاج الى أرض منتظمة الشكل كأن تكون على شكل مربع أو مستطيل أو دائرة.

٧- تؤثر العادات الانسانية فى تصميمه وتشغيله مثل عدد ساعات التشغيل اليومية وأثناء العطلات وإيقاف النظام أو تشغيله أو نقله أثناء الليل.

٨- فى حالة المياه التى بها نسبة ملوحة قد تمتص أوراق بعض المحاصيل الأملاح.

أجزاء شبكة الرى بالرش :

تتكون شبكة الرى بالرش من الرشاشات التى تحملها مواسير فرعية على مسافات مناسبة وتدفع المياه داخل المواسير من طلمبة أو مضخة خلال



مكونات شبكة الري بالرش

What are four types of المكونات الأربعة لنظام الرى بالرش units included in sprinkler irrigation system?

أ – المضخة Pump

ب- الخط الرئيسى Mainline

ج- خط الرش lateraline

د- الرشاشات Sprinklers

- طريقة تغذية نظام الرش بالمياه How is water delivered to the system؟ يتم إمداد نظام الرى بالمياه تحت الضغط اللازم لتوزيع المياه وتشغيل الرشاش بواسطة المضخات (الطلمبات) pumps.

- كيف يختلف الرى بالرش عن الرى السطحى؟ How do sprinkler irrigation system differ from surface irrigation system

أ- يصمم الرى بالرش لإمداد الحقل بالمياه بدون الاعتماد على سطح التربة فى توصيل وتوزيع المياه كما هو الحال فى الرى السطحى.

ب- لتلاقى ركود المياه وجريانها فوق سطح التربة تصمم الرشاشات وتوضع على مسافات لإضافة المياه بمعدل لا يزيد عن معدل تسرب المياه داخل التربة.

- معدل الرش المفضل استخدامه. What are preferable application rates for sprinkler systems? Why؟

I- معدل الرش أقل من معدل تسرب المياه فى التربة.

II- وذلك لتقليل التأثير الضار للرش عل بناء سطح التربة structural damage to soil surface وأيضا لتحفيز أو المحافظة على تهوية التربة soil aeration.

- يزيد الفاقد من المياه وتتأثر كفاءة إضافة المياه بما يلى: What are water application efficiencies effected by؟

أ- الرياح وخاصة خلال النهار عندما يكون الهواء دافئ وجاف

ب- إذا كانت قطرات الرش صغيرة ومعدل الرش منخفض.

- تعتمد كفاءة توزيع المياه على: Water application uniformity depends upon what?

تجانس أو انتظام توزيع المياه من الرشاشات وليس على خواص التربة طالما أن معدل الرش لا يزيد عن معدل تسرب المياه داخل التربة.

الرشاشات Sprinklers

قد تقسم الرشاشات حسب الغرض من استعمالها الي رشاشات زراعية ورشاشات مسطحات خضراء Landscaping. وتقسم الرشاشات الزراعية بدورها الي نوعين حسب طريقة عملهما رشاشات دوارة Revolving or Rotating or Impact sprinkler ورشاشات ثابتة Fixed or Spray Sprinkler . أما رشاشات المسطحات الخضراء فتقسم الي نوعين أيضا حسب طريقة عملها الي رشاش ثابت أو رذاذي Spray Head ورشاش دوار Rotor . والرشاش المتحرك أو الدوار دائما يقوم برش دائرة أبتلال أكبر من الرشاش الثابت حيث أن الرشاش الثابت يعتمد في تفتيته لتيار المياه علي أصطدامه بقرص ثابت وبالتالي فضغط تشغيلة أقل أما الرشاش المتحرك فيستخدم ضغط المياه أولا في تفتيت تيار المياه بفعل مقاومة الهواء والطرد المركزي وثانيا في حركة الرشاش حيث يصطدم تيار المياه الخارج من فتحة الرشاش بمطرقة hammer تتسبب في تحريكه مع ياي لمعاودة الحركة. ويوجد بعض الرشاشات الدوارة التي تستخدم في المسطحات الخضراء Rotor تلف بواسطة تروس بلاستيكية داخل الرشاش بفعل ضغط المياه أيضا والبعض الأخر يلف بأستخدام المطرقة والياي كما في الرشاشات الزراعية وتسمي الرشاشات الدوارة Impact or Rotating Sprinklers . ورشاشات المسطحات الخضراء قد تكون فوق سطح الأرض وقد تكون من

النوع القفاز Pop-up حيث يكون الرشاش مدفون تحت سطح الأرض في حالة عدم الري وعند الري يتسبب ضغط المياه في الضغط علي الياي ورفع الرشاش فوق سطح الأرض أثناء الرش فقط وعلي ذلك لا يكون الرشاش عائق سواء أثناء عمليات الخدمة الميكانيكية كقص النجيل وخلافه أو في الملاعب بالأضافة الي الشكل الجمالي.

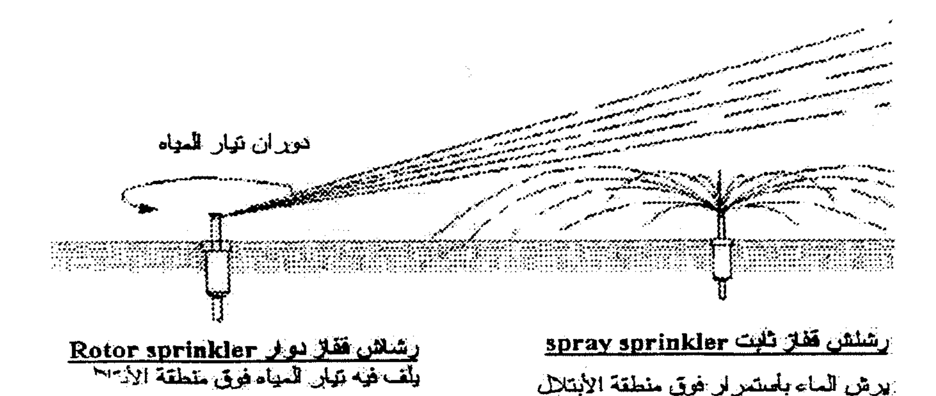
وتقسم الرشاشات عموما تبعا لتصرف الرشاش الي رشاشات منخفضة التصرف أقل من ١م٣/س ورشاشات متوسطة التصرف من ١ الي ٢ م٣/س وأخيرا رشاشات مرتفعة التصرف أكبر من ٢ م٣/س. وتقسم الرشاشات أيضا تبعا لضغط التشغيل الي رشاشات ضغط منخفض من ١,٥ الي ٢ بار ورشاشات ضغط متوسط من ٢ الي ٤ بار وأخيرا رشاشات ضغط مرتفع أكبر من ٤ بار. وقد تقسم الرشاشات أيضا تبعا لزاوية قذف أو خروج المياه منها Angle of water Jet الي رشاشات ذات زاوية منخفضة أقل من ١٢ درجة للرش تحت الأشجار ورشاشات ذات زاوية مرتفعة أكبر من أو تساوي ١٢ درجة للوصول الي مدي بعيد.

وقد سجل اختراع أول رشاش في الولايات المتحدة في ديسمبر ١٩٣٣ باسم Drton Englehart يصف فيه الرشاش الدوار بفعل الياي وذراع الإدارة "Spring activated horizontal impact arm driven sprinkler".

ويتكون الرشاش الدوار من فوهة أو أكثر تحمل على ماسورة رأسية تسمى حامل الرشاش Riser (بقطر ٠,٥ - ٧٥ر. أو ١ بوصة) ويكون ارتفاع الرشاش أعلى من سطح النبات الذي يقوم على خدمته والرشاش الدوار يدور حول محوره الرأسي دورات متقطعة وقد يكون ذو فوهة واحدة أو فوهتين و يوضع عاكس hammer متحرك بواسطة زنبرك(سوسته) أمام إحد الفوهتين (الفوهة الأكبر قطرا) فتصطدم به المياه المندفعة من الفوهة فتحرك الرشاش

فونية الرشاش
عازل مطاطي
رقبة الرشاش
غطاء
ياي
جسم الرشاش
صمام عدم رجوع إختياري
مدخل المياه

أجزاء الرشاش القفاز Pop-up

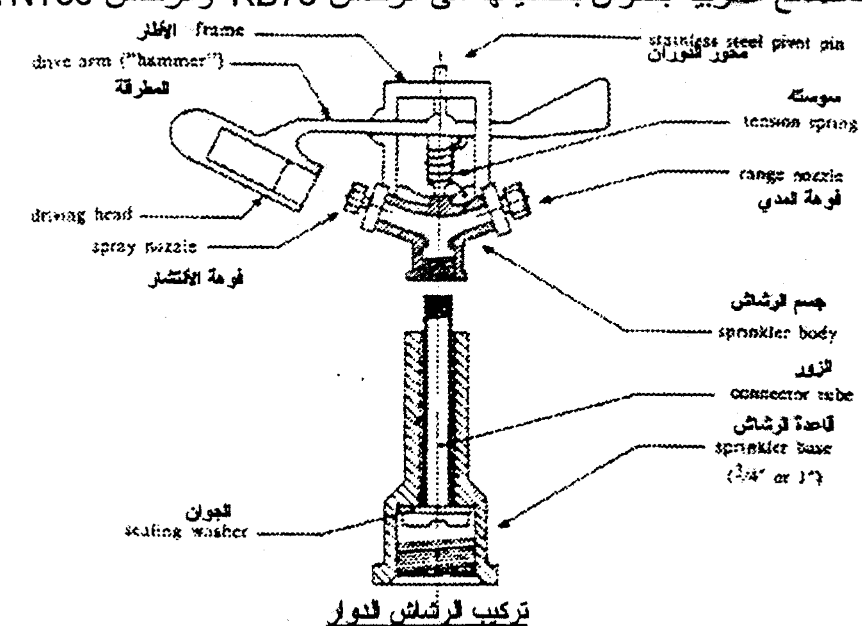


رشاش قفاز دوار Rotor sprinkler
يلف فيه تيار المياه فوق منطقة الأ...

رشاش قفاز ثابت spray sprinkler
يرش الماء باستمرار فوق منطقة الأبتلال.

حول المحور الرأسي ونتيجة للصدمة يبتعد العاكس عند مخرج المياه بواسطة السوسته فتندفع المياه إلى أقصى مدى ممكن ثم يرتد ثانية وهكذا. والشكل (١) يوضح تركيب هذا الرشاش. في معظم الرشاشات العادية تتواجد فوهتين إحداهما لرش المياه لمسافة بعيده نسبيا عن مركز الرشاش وتسمى فوهة المدى والفوهة الثانية لتغطية المساحة القريبة من الرشاش بالرذاذ وتسمى فوهة الانتشار وجدير بالذكر أن الفوهة الكبرى قد تقوم بأداء الثلاثة مهام معا في

حالة الرشاش ذو الفوهة الواحدة فهي تقوم بتحريك الرشاش وتوزيع المياه في المساحة القريبة من الرشاش عند اصطدام تيار المياه الخارج منها بالمطرقة أما في الأوقات التي تبتعد فيها المطرقة عن تيار المياه فإنها توزع المياه في المساحة البعيدة عن الرشاش وبذلك فهي تعمل عمل فوهة المدى أيضا. كما هو معروف أن أقصى مدى لإطلاق المقذوفات يتحقق على ميل ٤٥ درجة على الأفقي إلا أنه يعتبر أنسب ميل لزاوية انطلاق المياه من فوهة الرشاش عادة ٣٠ درجة أو أقل من ذلك للتقليل من تأثير الرياح على أنتظام توزيع المياه الخارجة من الرشاش. والرشاشات الدوارة الشائعة فى مصر والتى تقوم المصانع الحربية بحلوان بتصنيعها هى الرشاش RB70 والرشاش TNT30



تركيب الرشاش الدوار

Cross-section through a rotating impact sprinkler.

شكل (١) تركيب الرشاش الدوار

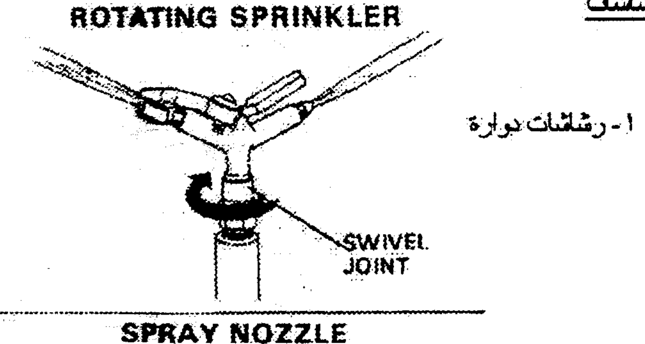
Sprinkler nozzle discharge m3/h

Pressure	Standard tapered nozzle diameter (mm)										
bar	2.5	2.8	3	3.2	3.7	4.1	4.4	4.9	5.4	6.1	7.1
1.5	0.28	0.35	0.40	0.45	0.61	0.75	0.86	1.07	1.30	1.65	2.24
2	0.32	0.40	0.46	0.53	0.70	0.86	0.99	1.23	1.50	1.91	2.59
2.5	0.36	0.45	0.52	0.59	0.79	0.96	1.11	1.38	1.67	2.13	2.89
3	0.39	0.49	0.57	0.64	0.86	1.06	1.22	1.51	1.83	2.34	3.17
3.5	0.42	0.53	0.61	0.69	0.93	1.14	1.31	1.63	1.98	2.52	3.42
4	0.45	0.57	0.65	0.74	0.99	1.22	1.40	1.74	2.12	2.70	3.66
4.5	0.48	0.60	0.69	0.79	1.05	1.29	1.49	1.85	2.24	2.86	3.88

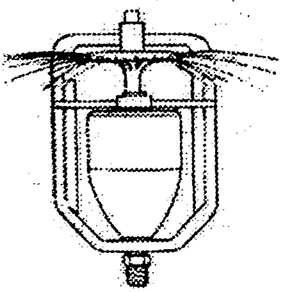
C=0.9   q= 0.0113 d^2 * h^0.5

Prof. Dr. Samir M. Ismail

التقسيم الأساسي للرشاشات



١ - رشاشات دوارة



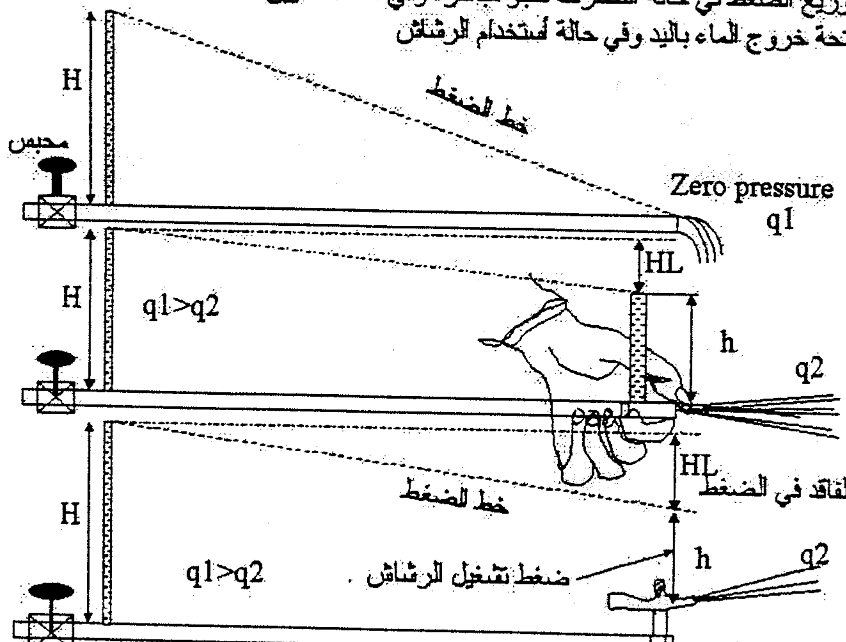
٢ - رشاشات ثابتة

حجم القطرات

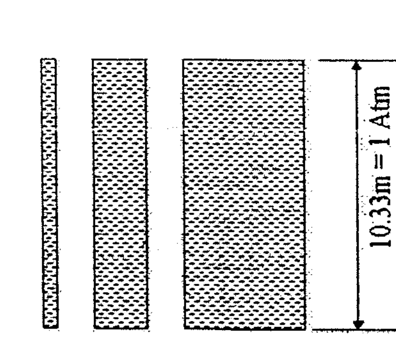
تنتج من الرشاشات عادة مدى واسع من أحجام القطرات التى تتوزع طبيعيا فيتراوح القطر بين (٥ر٠ - ٤مم) أما القطرات التى يزيد قطرها عن ذلك فتميل الى الأنقسام الى قطرات أقل حجما بفعل مقاومة الهواء. وتتساقط القطرات الصغيرة عادة بالقرب من الرشاش بينما تقطع القطرات الأكبر مسافات أبعد لأنها تمتلك طاقة حركه أكبر ويمكن للقطرات الكبيرة أن تحدث

التربة وذلك بتفتيت الطبقة السطحية مما يؤدى الى تناقص معدل تسرب المياه نتيجة تكون قشرة سطحية عازله ويجب فى مثل هذه الحالات استخدام الرشاشات التى ينتج عنها قطرات صغيرة الحجم وذلك حتى نقلل من الضرر الناجم بقدر الإمكان.

توزيع الضغط في حالة التصرف للجو مباشرة وفي حالة تضييق فتحة خروج الماء باليد وفي حالة أستخدام الرشاش

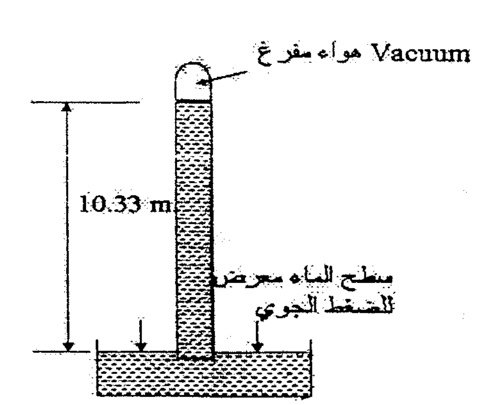


ويمكن التحكم فى مدى أحجام قطرات المياه بواسطة قطر الفوهه وضغط تشغيل الرشاش فعندما يكون الضغط أقل مما يجب للرشاش فإن حجم القطرات يميل الى الأزدياد أما إذا كان الضغط أكبر من اللازم فإن حجم القطرات يتناقص كثيرا حتى أنها قد تشكل رذاذا يسهل انجرافه بواسطة الرياح.

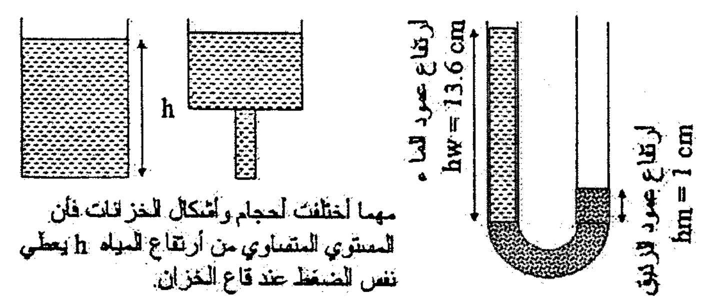


أرتفاع عمود الماء المكافىء لواحد ضغط جوي بصرف النظر عن مساحة مقطع الأنبوبة

1 Atm = 1 bar = 1.033 kg / cm2

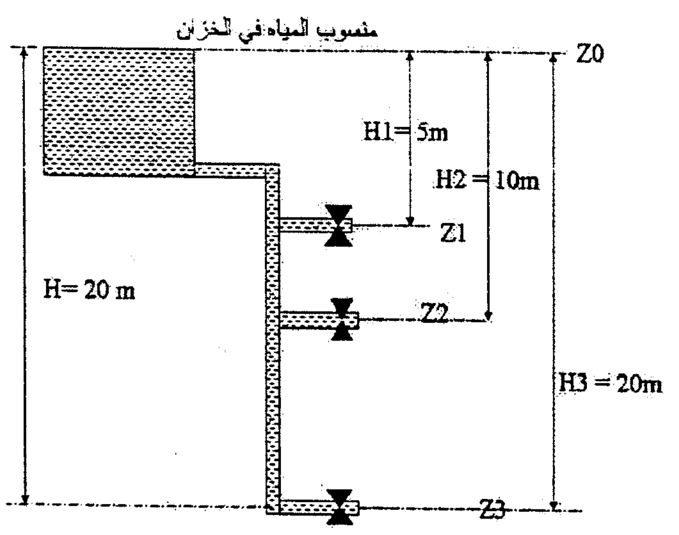


أرتفاع عمود الماء المكافىء لواحد ضغط جوي يساوي 10.33 متر ماء.

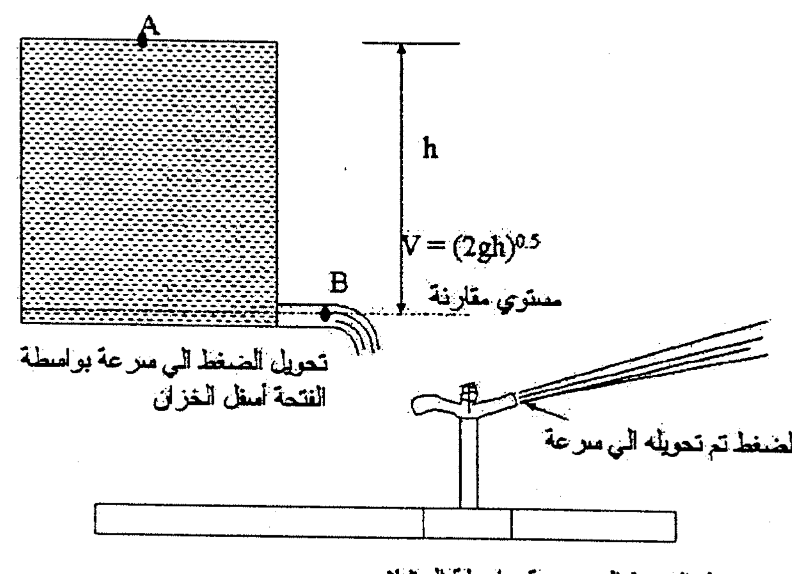


العلاقة بين أرتفاع الزئبق والماء فلاحظ أن الماء والزئبق في حالة أتزان حيث hm = 13.6 hw

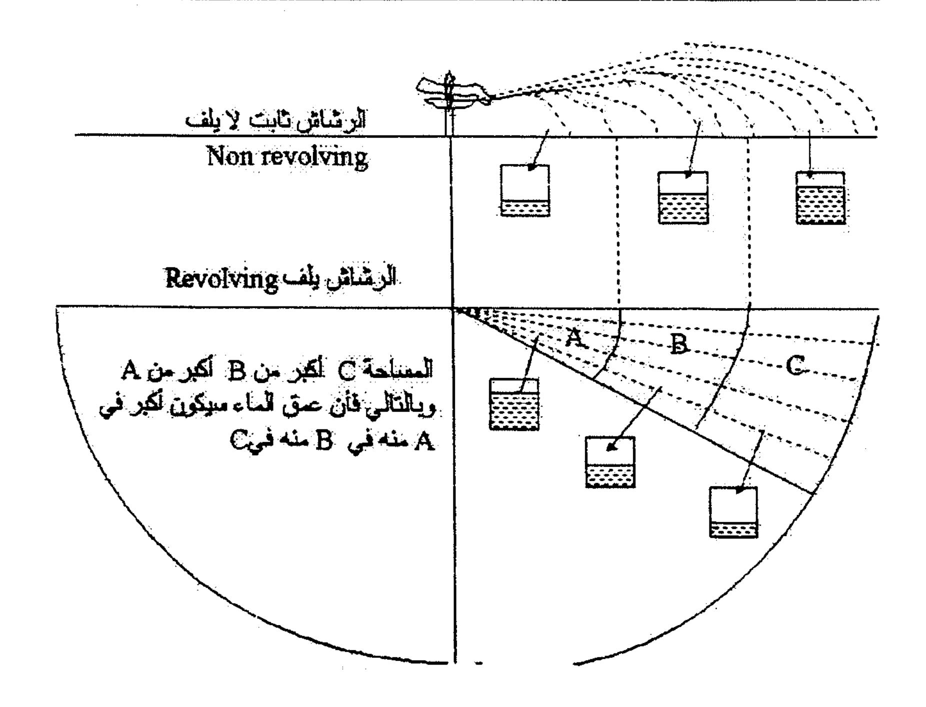
مهما أختلفت أحجام وأشكال الخزانات فأن المستوي المتساوي من أرتفاع المياه h يعطي نفس الضغط عند قاع الخزان.



يختلف الضغط بأختلاف الأرتفاع بين منسوب المياه في تالخزان والنقطة المطلوب تحديد ضغط عندها.

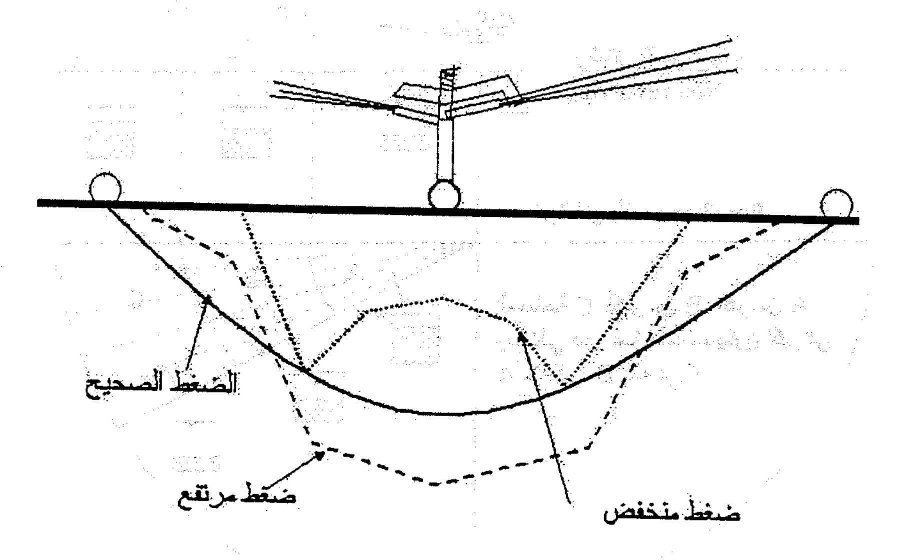


تحويل الضغط الي سرعة بواسطة الرشاش



توزيع المياه

تتوزع المياه فى دائرة البلل للرشاش بحيث يكون عادة عمق الماء المضاف أكبر ما يمكن بالقرب من الرشاش ثم يقل فى أتجاه محيط هذه الدائرة بحيث يكون التوزيع مثلثا تقريبا. هذا التوزيع المثلثى يمثل الضغط الصحيح المقرر للرشاش. أما إذا أنخفض الضغط فإنه تزداد نسبة القطرات الكبيرة التى تسقط بعيدا عن الرشاش ليأخذ شكل توزيع المياه شكل كعكة كما فى شكل. أما إذا زاد ضغط تشغيل الرشاش عن الضغط المقرر فإنه تزداد نسبة القطرات الصغيرة التى تسقط قريبا من الرشاش وتقل نسبة القطرات الكبيرة التى تسقط بعيدا عن الرشاش. وهناك طريقة تقريبيه للتحقق من الضغط المناسب لتشغيل الرشاش بملاحظة شكل نفث المياه الخارج من الرشاش.



تأثير ضغط تشغيل الرشاش على شكل توزيع المياه

إذا كان النفث يأخذ شكل الخط المستقيم فإن ذلك يعنى أن الرشاش يعمل تحت ضغط مناسب. أما إذا كان شكل النفث مقوسا فإن ذلك يعنى أن الضغط يكون أقل مما يجب ويجب زيادته. ويمكن قياس ضغط الرشاش مباشره بواسطة مقياس ضغط مزود بأنبوبة رفيعة .

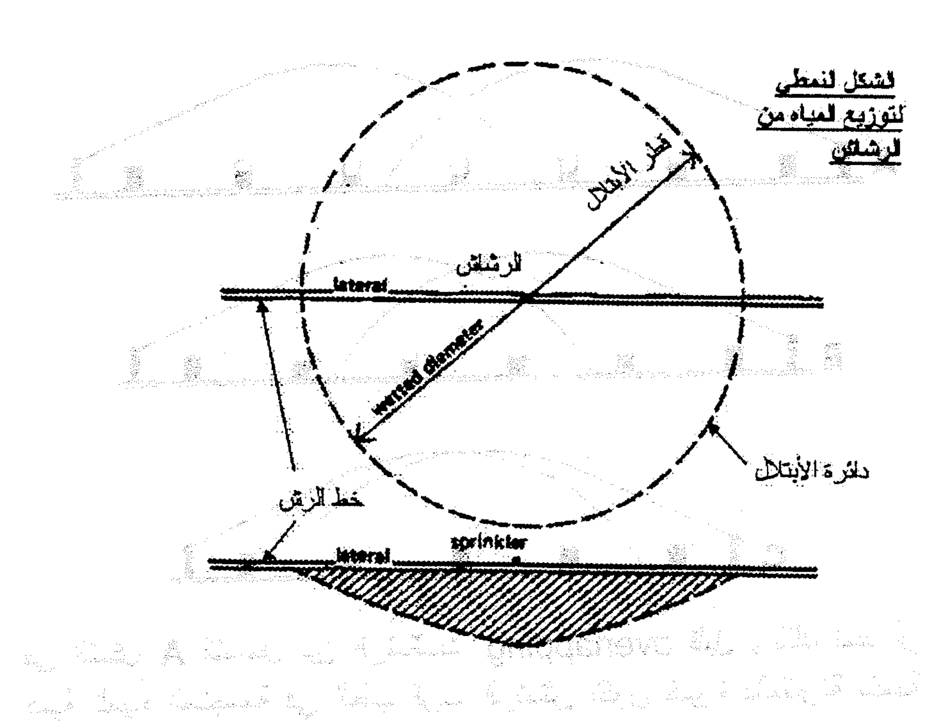
ويقاس الضغط عادة بالبار أو الضغط الجوى حيث:
١ ضغط جوى = ١ بار = ١ كجم/سم٢ = ٧ر١٤ رطل/البوصة المربعة = Psi. يعبر أيضا عن الضغط الجوى بأرتفاع عمود الماء (١ ضغط جوى = ١٠,٣ متر ماء). ففى حالة التوزيع المثلث الذى ينتج عند تشغيل الرشاش عند الضغط الصحيح له فإنه للحصول علىشكل توزيع أكثر أنتظاما يتم تشغيل عدة رشاشات متقاربة بحيث يحدث تداخل بين أشكال التوزيع الناتجة عنها.

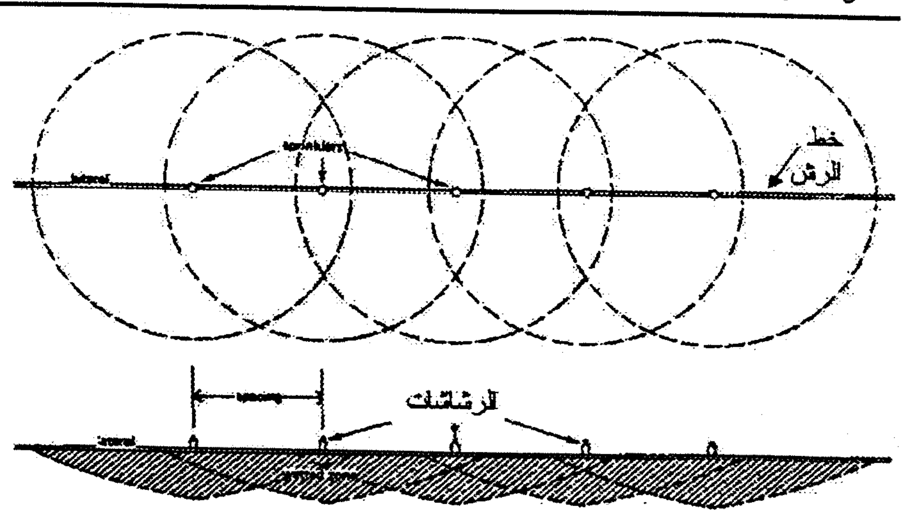


التداخل الكامل للرشاشات القفازة Head-To-Head Coverage

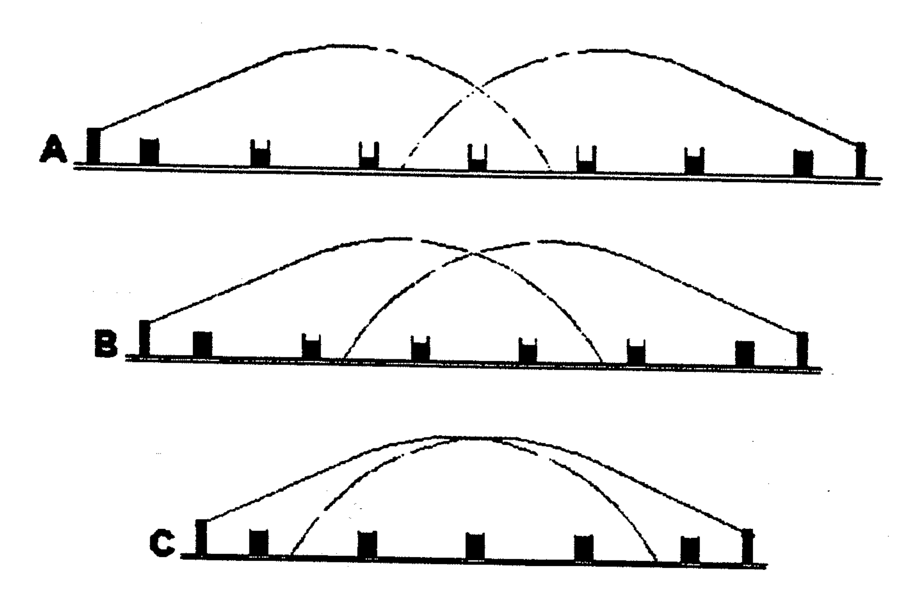
تصل المياه من أحد الرشاشات الي الرشاش الأخر

الشكل لنمطي لتوزيع المياه من الرشاش





تداخل دوائر الرش للرشاشات للحصول على توزيع مياه منتظم



فى الشكل **A** التداخل بين الرشاشات **overlapping** قليل ولذلك نجد أن كمية المياه المتجمعة في العلب قرب الرشاش تكون كبيرة بالمقارنة بكمية المياه المتجمعة فى العلب فى منتصف المسافة بين الرشاشين، ونلاحظ أيضا أن كمية المياه المتجمعة في العلب الثلاثة في منتصف السافة بين الرشاشين تساوى نصف مثيلتها قرب الرشاشات. أما فى الشكل **B** فأننا نلاحظ أنه

بتقريب المسافة بين الرشاشات قل الفرق فى كميات المياه داخل العلب وأقترب من الأنتظام ولكن لازالت كمية المياه بالقرب من الرشاشات أكبر منها فى منتصف المسافة بين الرشاشات بحوالى ٢٥%. أما فى الشكل **C** فأنه بتقريب المسافة بين الرشاشين أكثر نقترب من الحالة المثالية وهى التغطية الكاملة **head-to-head spacing** وفيها تصل المياه من الرشاش الي الرشاش الذي يليه. ومن هنا نخلص أنه فى حالة التغطية الكاملة فأن

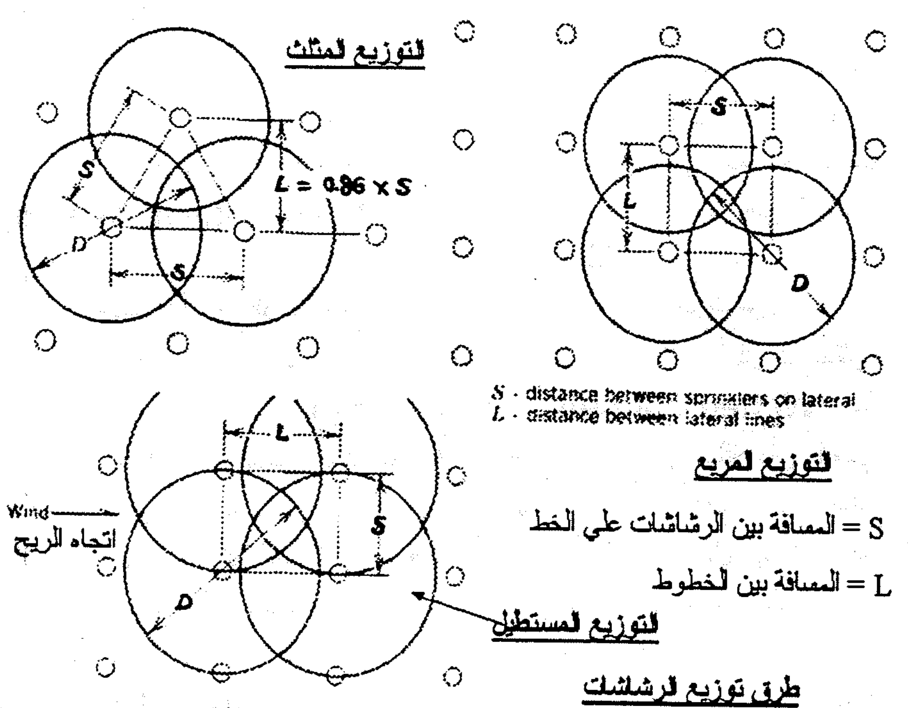
المسافة بين الرشاشات = نصف قطر دائرة البلل للرشاش

أي أن المسافة بين الرشاشات تساوى ٥٠% من قطر دائرة البلل للرشاش، حيث أن قطر دائرة البلل **Wetted diameter or Coverage** دائما تعطى فى كتالوج الرشاش عند سرعة رياح صفر. وعلى ذلك فأن أقصى مسافة بين الرشاشات يمكن أستخدامها تساوى ٦٠% من قطر دائرة البلل للرشاش. فأذا كانت الرشاشات المستعملة نصف قطر دائرة البلل لها ١٢ متر فأن المسافات بين الرشاشات تساوى ١٢ متر وأن أقصى مسافة بين الرشاشات يمكن أستخدامها هى ١٢ × ٢ × ٠,٦٠ = ١٤,٤ أى حوالى ١٥ متر.

طرق توزيع الرشاشات

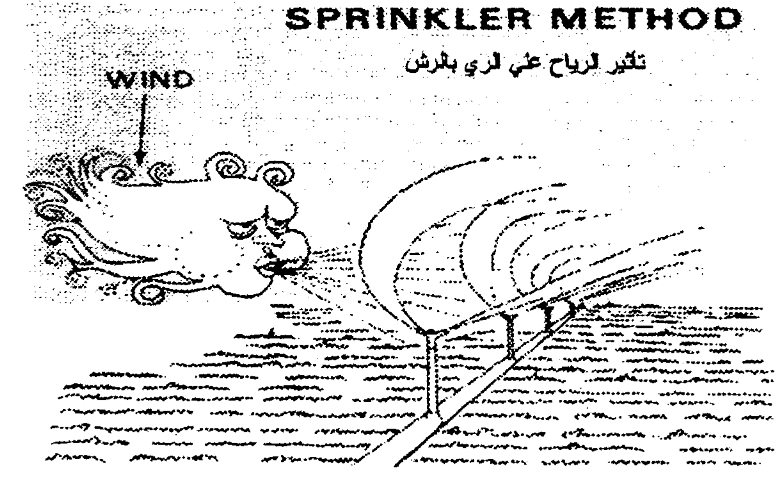
يوجد ثلاث طرق لتوزيع الرشاشات هى:-

١. التوزيع المربع Square spacing pattern
٢. التوزيع المستطيل Rectangular spacing pattern
٣. التوزيع المثلث Equilateral triangle spacing pattern

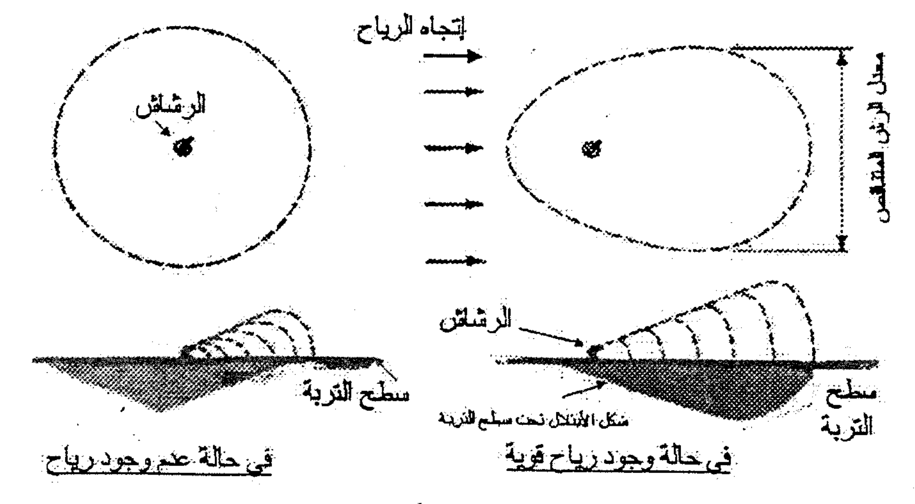


طرق توزيع الرشاشات

ففى حالة التوزيع المربع عادة تحسب المسافات المتساوية بين الرشاشات على أساس ٤٥الي ٥٥ % من قطر دائرة البلل للرشاش(D) وذلك طبقا لسرعة الرياح السائدة. أما التوزيع المستطيل فتحدد المسافة المطلوبة بين الرشاشات بنسبة ٤٠ الى ٥٠% من قطر دائرة البلل وذلك للمسافات بين الرشاشات على خط الرش(S). أما المسافات بين خطوط الرش(L) فتبلغ ٦٠% من قطر دائرة البلل. وفى التوزيع المثلث تتراوح المسافة بين الرشاشات من ٥٠ الي ٦٠ % من قطر دائرة البلل للرشاش وذلك طبقا لسرعة الرياح السائدة.



How wind may distort the distribution pattern of sprinkler irrigation.



تأثير الرياح علي توزيع المياه الخارجة من الرشاش

معدل الرش :

معدل الرش عبارة عن معدل سقوط المياه من الرشاش على الأرض أى هو كمية الماء الساقطة من الرشاش على وحدة المساحة من الأرض فى وحدة الزمن ويقدر غالبا بالمم / ساعة - ويحسب كالاتى:

معدل الرش (I) (مم/ساعه) = تصرف الرشاش(q)(م٣ /س) × ١٠٠٠)/ (المسافة بين الرشاشات S(م) × المسافة بين الخطوط L(م))

حيث أن مساحة الخدمة للرشاش A = المسافة بين الرشاشات على خط الرش × بين خطوط الرش L (مسافة نقل الخطوط)

$$I = \frac{q \times 1000}{A}$$

حيث A مساحة الخدمة للرشاش وهي عبارة عن المساحة المحصورة بين أربع رشاشات متجاورة وتختلف قيمتها حسب التوزيع كما يلي

في حالة التوزيع المربع	$A = S^2$
في حالة التوزيع المستطيل	$A = S \times L$
في حالة التوزيع المثلث	$A = 0.86\ S^2$

حيث S, L مقاسة بالمتر ، q تصرف الرشاش (م٣/ س) ، I معدل الرش (مم/س)

ويجب أن يكون معدل الرش أو إضافة المياه دائما أقل من معدل تسرب المياه فى التربة حتى نتجنب ركود المياه علي سطح الأرض وحدوث جريان سطحى للمياه ونحر للتربة حيث أن معدل التسرب الأساسى للتربة الرملية الخشنة يتراوح بين (١٩ - ٢٥) م/ساعة والتربة الرملية الناعمة يتراوح بين (١٣ - ١٩) مم/ساعة والتربة الرملية الناعمة اللومية من (٩-١٣) مم/ساعة. والجدول التالي يوضح معدل التسرب infiltration rate بوحدات مم/ساعة بالنسبة لقوام التربة مع أهمية أخذ القيمة الصغري عند التصميم.

ويمكن قياس تصرف الرشاش وذلك بوضع خرطوم على فوهة الرشاش وقياس الزمن اللازم لملئ صفيحة مياه معلومة الحجم باللتر فيكون التصرف = حجم الماء/الزمن المستغرق فى الملئ مع العلم أن ١ متر مكعب (م٣) = ١٠٠٠ لتر. فإذا كان حجم الصفيحة ٢٠ لتر فيلزم ١ دقيقة حت تمتلئ بالماء .

فإن تصرف الرشاش (م٣ /س) =(٢٠ × ٦٠) ÷ (١٠٠٠ × ١) = ٢ر١ م٣ /س.

معدل التسرب مم/س	قيمة صغري	متوسط	قيمة عظمي
رملية Sand	25	50	250
رملية لومية Sandy loam	13	25	76
لومية Loam	8	13	20
طينية لومية Clay loam	2.5	8	15
سلتية طينية Silty Clay	0.3	2.5	5
طينية Clay	0.1	0.5	1

ضبط شبكة الري بالرش لتلبية الأحتياجات المائية للمحاصيل

بعد معرفة معدل الرش I مم/س يمكن حساب زمن الري في اليوم بالساعة كما يلي :-

$$T_i = \frac{ET_o \times K_c}{I \times E_a (1 - LR)}$$

حيث T_i زمن الري في اليوم بالساعة

Et_o البخر نتح القياسي مم/يوم

K_c معامل المحصول

E_a كفاءة الري بالرش

LR الأحتياجات الغسيلية

مثال :-

المطلوب حساب زمن الري بالرش أذا كان البخر نتح القياسي ٧ مم/يوم ومعامل ٠,٩٥ وكفاءة الري بالرش ٧٥% والأحتياجات الغسيلية ١٠% وتوضع الرشاشات علي مسافات١٥× ١٨ متر وكان تصرف الرشاش ٣,٦ م٣/س.

أولا نقوم بحساب معدل الرش كما يلي :-

$$I = \frac{3.6 \times 1000}{15 \times 18} = 13.33 mm/hr$$

$$T_i = \frac{7 \times 0.95}{13.33 \times 0.75 (1 - 0.10)} = 0.74 hr$$

وعلي ذلك أذا كانت الفترة بين الريات ٤ يوم يكون زمن الري ٠,٧٤ × ٤ = ٣ ساعات

حساب سعة المضخة اللازمة لري مساحة معينة

يتم حساب سعة المضخة علي أساس أقصي أحتياج مائي يومي للمحاصيل المطلوب زراعتها كما يلي :-

$$Q = \frac{ET_o \times K_c \times A \times 4.2}{E_a \times H}$$

حيث Q سعة المضخة م٣/س

A المساحة بالفدان

H عدد ساعات التشغيل اليومي للمضخة

مثال :-

أحسب سعة المضخة اللآزمة لري ٢٠ فدان أذا كان أقصي بخر نتح قياسي ٧ مم/يوم عند معامل محصول يساوي ١ وساعات التشغيل اليومي ١٢ ساعة عند وقت أقصي الأحتياجات وكفاءة نظام الري بالرش ٧٥%.

$$Q = \frac{7 \times 1 \times 20 \times 4.2}{0.75 \times 12} = 65.3 m^3 / h$$

الخطوط الفرعية والرئيسية:

وهى المواسير التى تقوم بتغذية خطوط الرشاشات والمعتاد أن تكون هذه المواسير ثابتة و تحت سطح الأرض وتصنع عادة من مادة بى فى سى PVC أو الأسبستوس وهى تستخدم لتوصيل المياه فقط أى لا يوجد عليها رشاشات على الاطلاق وتزود بصمامات تغذية إذا كانت مواسير رئيسية تقوم بتغذية الخطوط الفرعية. أما إذا كانت خطوط فرعية فهى تقوم بتغذية خطوط الرش. وعادة تصمم أقطار هذه الخطوط بحيث لا تتعدى سرعةالمياه داخلها عن ٥ر١ م/ث أو بالمفاضله بين تكاليف المواسير وتكاليف الطاقة المفقودة فى الاحتكاك فى مواسير ذات القطر الأقل. عادة يستعمل أكثر من قطر لمواسير الخط الرئيسى أو الخطوط الفرعيه حيث أن كمية المياه التى تحملها تتناقص كلما أبتعدنا عن المضخة.

محطات ضخ المياه

وهى التى ترفع المياه مباشرة الى المواسير الرئيسية تحت ضغط مرتفع يتراوح بين (٥ الى ٦) ضغط جوى. وتصرف المياه فى المضخة بضغط يزيد عن ١٠% عن الأحتياجات المائية لتغطية الفواقد فى المواسير عند الوصلات أو فارق توزيع المياه عند الرشاشات نتيجة لأختلاف الضغوط المتسبب عن الأحتكاك فى المواسير. كما يجب أن يكون ضاغط الرفع عند المحطة مساويا للضاغط المطلوب عند أبعد خط للرشاشات فى المنطقة أو أعلى خط مضافا اليه فواقد الأحتكاك والفواقد الثانويه. والأشكال الآتية توضح تركيب نوعين شائعين من المضخات وهي المضخة الطاردة المركزية ومضخة الأعماق التربينية ولمزيد من المعلومات عن المضخات يمكن الرجوع الي كتاب المؤلف عن هيدروليكا المضخات والقنوات المكشوفة والمدرج بقائمة المراجع.

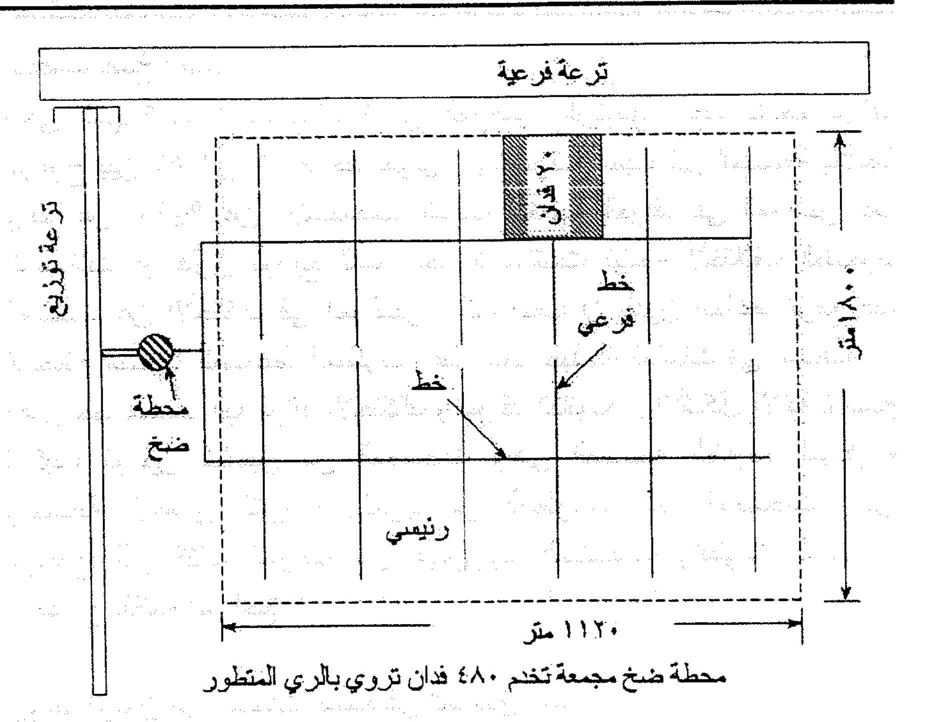
ويوجد نوعان من محطات الضخ في المناطق الصحروية وهي:-

١- محطات الضح الفردية أو المستقلة Independent pump station

وهي تخدم مساحة قدرها ٢٠ فدان وتتراوح قدرتها بين ٢٠ – ٣٠ حصان وتصرفها بين ٤٠ – ٥٥ م٣/ س وتخدم مساحات الري المتطور في منطقة النوبارية والبستان حيث تقسم الأرض الي قطع مساحة كل منها ٥ فدان (١٨٦× ١١٢ متر) توزع علي الخريجين.

٢- محطات الضخ المجمعة Collective pump station

وهي تخدم مساحة تقترب من ٥٠٠ فدان. ففي بداية الستينات أنشأت هذه المحطات المجمعة في منطقة جنوب التحرير لخدمة مساحات الري بالرش النقالي حيث تقسم الأرض الي حوش مساحة الحوشة ٢٠ فدان (٢٩٦ × ٢٨٠ متر). ثم أستخدمت هذه المحطات المجمعة في منطقة النوبارية أيضا الي حين تم التوصية بعدم أنشاء محطات جديدة والتوجه لأنشاء المحطات الفردية لأن المحطات المجمعة تضم حوالي ١٠٠ مستخدم تقتضي منهم التعاون التام في تشغيلها وصيانتها.

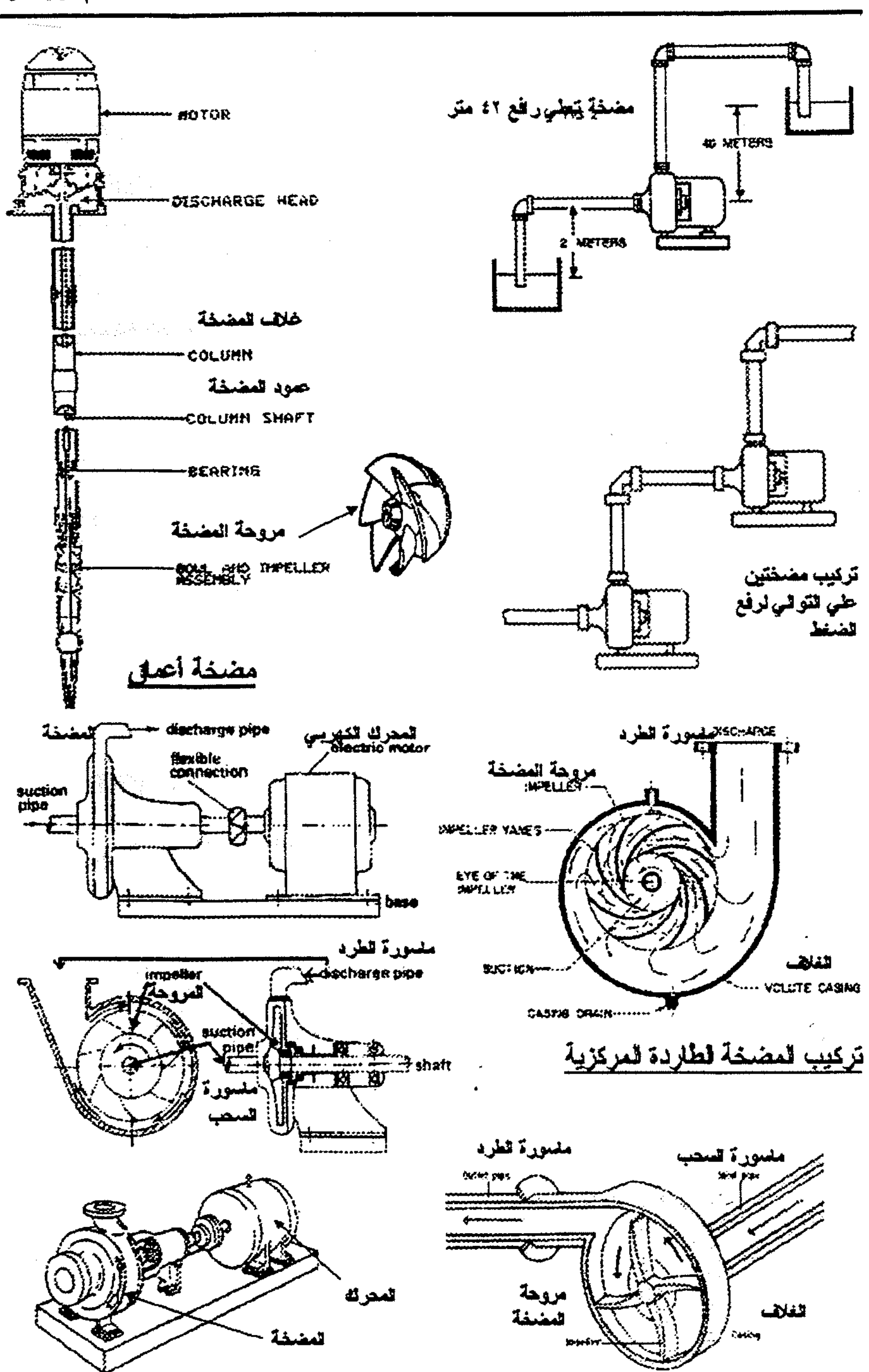


محطة ضخ مجمعة تخدم ٤٨٠ فدان تروي بالري المتطور

نظم الرى بالرش

تنقسم نظم الرى بالرش الى

1. **نظم ثابتة Permanent or Fixed**
2. **نظم متنقلة Periodic Move**
   - **أ- المتنقل يدويا (اليدوي) Hand-move**
   - **ب- المتنقل علي عجل / Side-roll or Wheel line Powerline**
   - **جـ - المسحوب بالجرار Tractor towed or End-pull**
3. **نظم متحركة (ذات حركة مستمرة) Continuous Move**
   - **أ- الرش المحوري Center-Pivot**
   - **ب- الرشاش المدفعي المتحرك أو المتجول Traveler Gun**
   - **جـ - الرش الطولي Linear System**



- كيف تقسم نظم الرى بالرش How are sprinkler irrigation system cassified يتم تقسيم الرى بالرش على أساس طريقة عمل خط الرش lateral line (الخط الذى يحمل الرشاشات) فبعض خطوط الرش تكون ثابتة والبعض الأخر يتم تحريكه بعد عملية الرى بينما البعض الأخر يتحرك بصفة مستمرة خلال عملية الرى.

- الأنواع الرئيسية الثلاثة لنظام الرى بالرش. What are the three main types of sprinkler system؟

أ- النظم الثابتة Fixed systems

ب- النظم المتنقلة preriodic move system

ج- نظم الحركة المستمرة continuos move system

الأنواع المختلفة لنظم الرى بالرش

المصدر: Planning for an irrigation system. 1980. AA .VIM

الرى بالرش الثابت Fixed Sprinkler System

لا يحتاج إلى نقله أو تحريكه بعد إنشاؤه.

عدد الرشاشات وخطوط الأنابيب كافية لتغطية الحقل بأكمله.

لرى الحقل لا تحتاج سوى فتح محابس القطع لتغذيتها بالمياه تحت الضغط المطلوب.

خطوط الرش قد تكون مدفونة تحت سطح الأرض أو قد تكون فوق سطح الأرض مع ملاحظة أن خطوط البلاستيك المصنوعة من مادة البولى فنيبل كلوريد PVC تتشق عند تعرضها لأشعة الشمس (الأشعة فوق البنفسجية) ولذلك يجب دفنها تحت سطح الأرض أما الخطوط المصنوعة من الألومنيوم أو من مادة البولى إثيلين فيمكن استخدامهم فوق سطح الأرض. وعند دفن الخطوط تحت سطح الأرض يجب أن تدفن بعمق لا يقل عن ٦٠ سم لكى لا تصل أسلحة المحاريث إليها ولكى لا تتأثر بمرور الأحمال الثقيلة فوق سطح الأرض.

معظم نظم الرش الثابت تستخدم الرشاشات المتوسطة التى توضع على مسافات تتراوح بين ٩ إلى ٢٤ متر ولكن قد تستخدم الرشاشات المدفعية Gun لتتراوح المسافات بينها من ٣٠ إلى ٤٨ متر.

قد يتم نقل خطوط الرش خلال موسم نمو المحصول وذلك للسماح بعمليات الحرث والزراعة والحصاد وفى هذه الحالة يسمى بالنظام الشبه ثابت solid set sprinkler وفيه تكون خطوط الرش مركبة فوق سطح الأرض والخطوط الرئيسية ومدونة تحت سطح الأرض.

نظم الرى بالرش المتنقل Periodic-move sprinkler system :

كما فى الرش الثابت ولكن يختلف فى أن خطوط الرش تكون كافية فقط لرى جزء من الأرض فى نفس الوقت ويسمى هذا الجزء بالوضع set.

يجب نقل أو تحريك خط الرش من وضع إلى أخر وذلك لإمكان إنهاء رى الحقل خلال الفترة بين الريات.

فى الرى بالرش اليدوى Hand-move يتم إمداد خط الرش بالمياه عن طريق الخط الرئيسى الذى يدوره قد يكون مدفونة تحت سطح الأرض أو قد يكون محمول أيضا.

خط الرش عادة ما يكون من قطع من المواسير الألومنيوم التى يسهل حملها بطول ٦ أو ٩ متر ويتم توصيلها. ببعض بوصلات سريعة الفك والتركيب تسمى Quick-coupling.

خط الرش اليدوى يحتاج إلى عمالة كبيرة نسبيا وذلك للتركيب والفك والنقل.

خط الرش المسحوب من نهاية بالجرار End-tow lateral يشبه فى فكرته النظام اليدوى فيما عدا أنه لا يحتاج إلى الفك أثناء النقل حيث يتم سحب الخط بأكمله باستخدام الجرار حيث أن الخط يكون محمل على عجل صغير أو زحافات.

يتم سحب الخط من وضع إلى أخر بواسطة سحبه بالجرار.

خط الرش المتدحرج أو المتحرك على عجل side-roll يعتبر النوع الثالث لنظم الرش المتنقل.

خط الرش لا يتم فكه أثناء تحريكه من وضع إلى أخر حيث يتركب من قطع مواسير بطول ١٢ متر متصلة ببعضها بوصلات ثابتة وكل قطعة مواسير ترتكز على عجلة كبيرة.

خط الرش يعمل كمحور للعجل الذى عند دورانه يتسبب فى دوران خط الرش أيضا وبذلك يتم تحريك خط الرش من وضع إلى أخر أى أن خط الرش يكون ثابت أثناء الرى ثم يتوقف من الرى ليتم تحريكه إلى الوضع الذى يليه.

يتم دوران خط الرش بواسطة محرك بنزين صغير محمول على منتصف خط الرش.

نظم الرش ذات الحركة المستمرة Continuons move sprinkler system

يضيف خط الرش المتحرك المياه للتربة أثناء حركته.

الرى بالرش المحورى Center-pivot يعتبر من النظم الشائعة لنظم الرش ذات الحركة المستمرة.

خط الرش مثبت عن أحد طرفيه (المركز) ويدور الطرف الآخر حول المركز لرى مساحة دائرية كبيرة؟

ويسمى الطرف الثابت من خط الرش بنقطة المحور "pivot point" وهو متصل بمصدر المياه water supply.

يتكون خط الرش lateral من سلسلة من الأبراج towers المسافة بينها حوالى ٥٠ مترا.

يرتفع خط الرش على سطح الأرض بحوالى ٣ متر بواسطة البرج الذى هو عبارة عن إطار يأخذ شكل حرف A ومزود بعجلتين يتم إدارتهم بواسطة محرك كهربى فى أغلب الأحيان وفى بعض الأحيان يتم إدارتهم بمحرك هيدروليكى.

يوجد جهاز ميكانيكى عند كل برج للمحافظة على استقامة الجهاز alignment.

يتحكم البرج الأخير فى سرعة دوران الجهاز المحورى الذى يتم ضبطه بواسطة مشغل الجهاز من لوحة التحكم عند نقطة المحور.

جهاز الرش المحورى الشائع استخدامه طوله ٤٠٠ متر (ربع ميل) ويروى مسافة دائرة قدرها ١٢٥ فدان داخل مساحة مربعة قدرها حوالى ١٥٠ فدان.

الرشاش المدفعى المتحرك أو الجوال Traveler يعتبر نوع أخر من نظم الحركة المستمرة.

يتكون الرشاش المدفعى المتحرك من رشاش عملاق يسمى مدفع Gun محمول على عربة قد تكون ذاتية الحركة أو قد تسحب بواسطة خرطوم ملفوف على بكرة.

يتحرك الرشاش المدفعى فى خط مستقيم ويتم تزويده بالمياه خلال الخرطوم المرن.

بعض الرشاشات المدفعية المتحركة ذاتيا تتحرك بجانب قناة مكشوفة (تبطين) بحيث يتم تزويد الرشاش بصفة مستمرة عن طريق القناة الذى يتحرك بجانبها حيث تدفع المياه تحت ضغط بواسطة طلمبة محمولة مع الرشاش المدفعى.

يتطلب تشغيل الرشاش المدفعى دفع المياه تحت ضغط كبير ولذلك فهو يحتاج إلى طاقة كبيرة لتشغيله.

الرى بالرش الطولى linear system يشبه الرى المحورى ولكن يتحرك طوليا بدلا من الحركة الدائرية ولذلك يتم تزويده بالمياه عن طريق قناة مكشوفة فى منتصف الجهاز حيث يتحرك بجانبها أو عن طريق خرطوم كما هو الحال فى الرشاش المدفعى المتحرك.

ضغط التشغيل منخفض عند مقارنته بالرشاش المدفعى المتحرك.

لتشغيله بكفاءة يحتاج إلى حقل مستطيل الشكل خالى من العوائق.

٥- نظام الرش المحكم المنخفض الطاقة Low-energy, precision (application(LEPA

وهو عبارة عن نظام رش محورى مزود بأجهزة إضافة مياه تعمل تحت ضغط منخفض وتضيف المياه بإحكام تام قريبا من سطح التربة.

حيث يتم إعداد الأرض وتخطيطها بعمل خطوط متقاربة ودائرية بحيث يكون مركزها نقطة المحور فإن الرش المحكم المنخفض الطاقة قد يستخدم كرى تكميلى حيث يستفيد فى تجميع أو حصاد الأمطار داخل الخطوط عند هطول الأمطار.

العـائد الاقتصـادى لـنظام الـرى بالـرش What are the economic benefits of sprinkler irrigation system?

أ – التكاليف الإنشائية لنظام الرى بالرش على مدى القصير مرتفعة بالمقارنة بالتكاليف الإنشائية لنظام الرى السطحى.

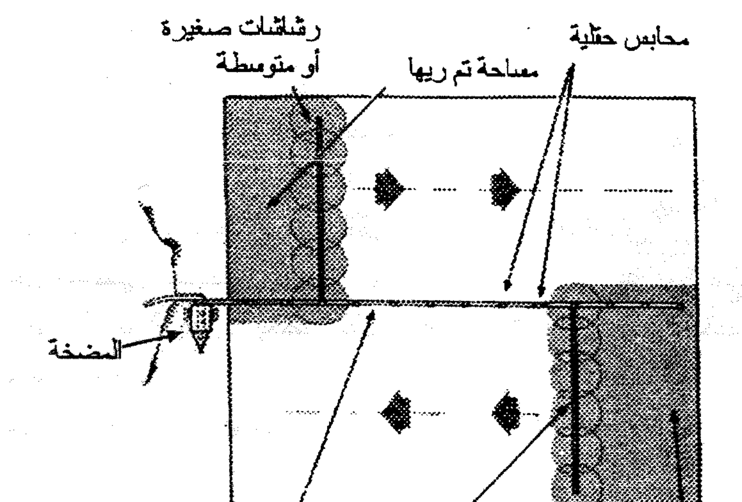
ب- لا يوجد تكاليف تسوية لـلأرض حيث لا يوجد حاجة للتسوية فى الرى بالرش.

ج- تعتبر الطاقة المستخدمة فى ضخ المياه لنظام الرى بالرش من أهم عناصر تكاليف التشغيل.

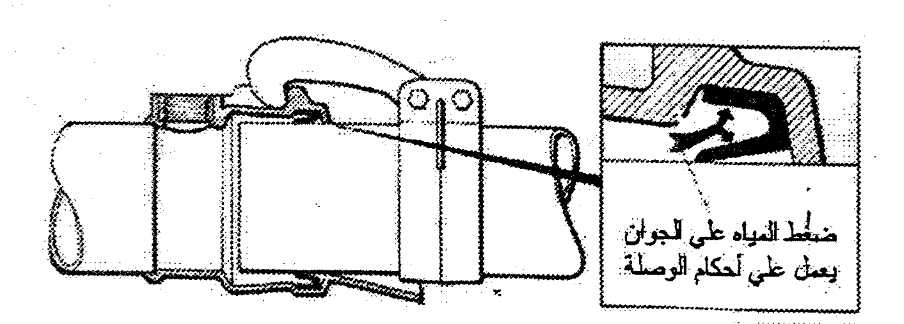
د- بمرور الوقت يبدأ نظام الرى بالرش فى تعويض تكاليف إنشاءه المرتفعة وبذلك يكون العائد أكبر من التكاليف.

نظام الرى بالرش المتنقل يدويا HAND- MOVE

يتركب نظـام الـرى بالـرش المتـنقل يدويـا مـن قطـع مواسير مصـنعة مـن الألومنيوم الخفيف السهل الحمل بأطوال (٣-٦-٩) متر وبأقطار مختلفه (٢-٣-٤) بوصـه. ويوجـد فـتحة فـى نهايـة قطعـة الماسـورة لتركيب أنـبوبه حـامل الرشـاش عليها وفـى حالـة عدم تركيب رشـاش يركـب عليها طبه لإغلاقها - توصل قطـع المواسير ببعضـها عن طـريق وصـلات سريعة الفك والتركيب تسمى "كويك كوبلينج" وبداخلها جوان يمنـع تسرب المياه من الوصلة عند زيادة ضغط المياه كما هو موضح بالشكل. هناك ثلاثة تصميمات شائعة فى مناطق الأستصلاح الصحراوية لهذا النظام أحدهما يستخدم الرشاش RB70 و هو منفذ فى منطقة غرب النوبارية وبعض مناطق البستان والثاني يستخدم الرشاش RB30 وهو منفذ فى منطقة البستان وفرع ٢٠ أما النموذج الثالث فهو موجود في منطقة جنوب التحرير.



خط رش متنقل يدويا



وصلة سريعة الفك والتركيب Quick Coupling تستخدم لوصل قطع مواسير الألومنيوم

١- النموذج الأول

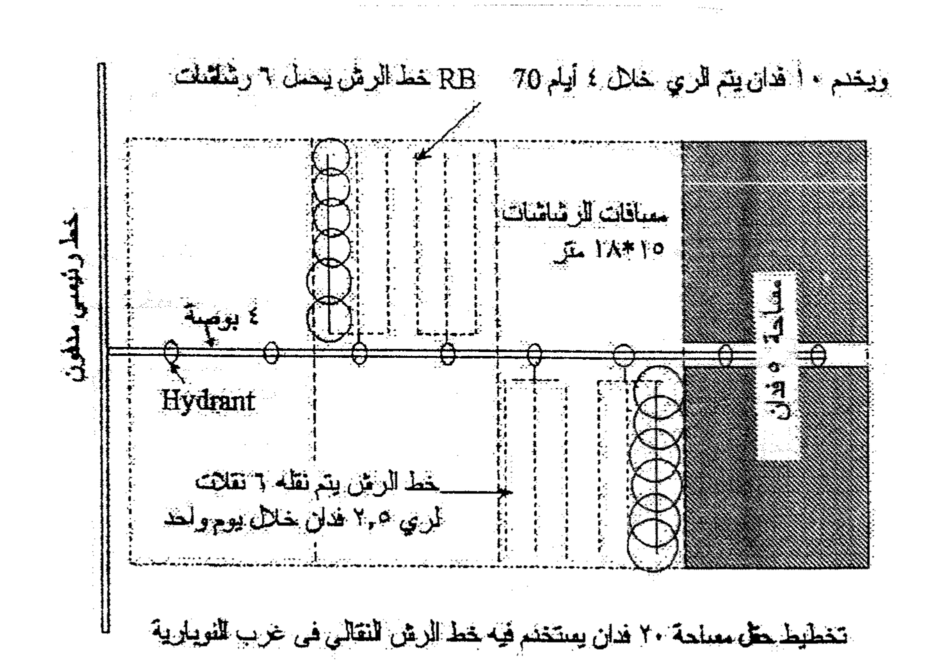
المنفذ فى منطقة غرب النوباريه

- المسافات بين الرشاشات على خط الرش = ١٥ متر بعض التصميمات ١٨ م.
- المسافات بين الخطوط (مسافة النقل) = ١٨ متر.
- الحقل مستطيل مساحته = ٢٠ فدان.

مقسم بين ٤ مزارعين يخص كل مزارع ٥ فدان ويمر الخط الرئيسى بمنتصف قطعة الأرض.

- أقصي ساعات تشغيل يومى = ١٥ س/يوم
- أقصى أستهلاك مائى يومى = ٧ مم/يوم
- الرشاش من النوع RAIN BIRD 70B
- فوهة الرشاش = ٦,٤ × ٢,٤ مم بعض التصميمات ٧,١ × ٣,٢ مم
- التصرف = ٣,٣٩ م٣/س - ٤,٠٨ م٣/س
- الضغط = ٣ ضغط جوى
- نصف قطر الابتلال = ١٨,٥ - ١٩,٣ متر
- الفترة بين الريات = ٤ يوم
- معدل الرش = ١٢,٥ مم/س
- زمن الرى للنقلة = ٢ – ٢,٥ ساعة
- عدد النقلات في اليوم = ٦ نقلة
- عدد الرشات على خط الرش = ٦ رشاشات
- قطر خط الرش = ٣ بوصه

ويسمح التصميم برى مساحة ٥ فدان فى يومين ويشترك المزارع فى خط الرش مع جاره بحيث يتم رى حقله فى يومين وأعطاء خط الرش لجاره ليتم رى حقله فى يومين آخرين أى أن الحقل مساحته ٢٠ فدان يخصه خطين رش فقط. والرسم التخطيطى للنظام مبين بالشكل



تخطيط حقل مساحة ٢٠ فدان يستخدم فيه خط الرش النقالي فى غرب النوبارية

ب- النموذج الثانى

المنفذ فى منطقة البستان وفرع ٢٠

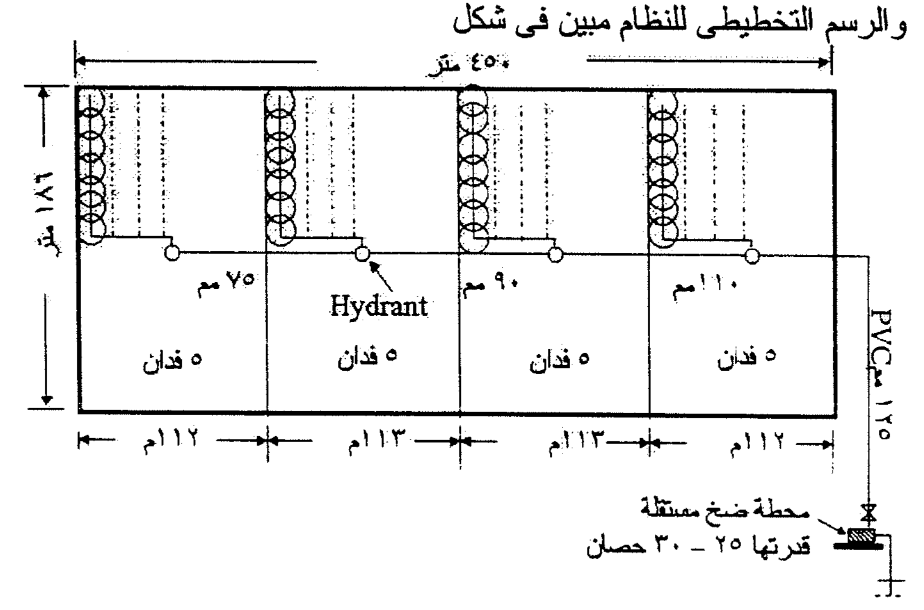
- الرشاش المستعمل RB30
- قطر الفوهه = ٤,٨ × ٤ر٢ مم.
- تصرف الرشاش = ١,٩ م٣/س
- ضغط الرشاش = ٣ بار.
- نصف قطر دائرة الابتلال = ١٤,٧ متر.
- مسافات الرشاشات = ١٢ × ١٢ متر.
- قطر خط الرش = ٣ بوصه.
- عدد الرشاشات علي خط الرش = ٧ رشاشات

تم تقسيم المساحة ٢٠ فدان الى ٤ قطع ، مساحة كل قطعه ٥ فدان

- الفترة بين الريات = ٤ يوم.
- أقصىً ساعات تشغيل يومى = ١٢ ساعة.
- عدد نقلات خط الرى بالرش فى اليوم = ٤ نقلات.

- زمن الرى فى النقله الواحده = ٥ر٢ ساعة.
- معدل الرش = ١٣ مم/ س
- عدد خطوط الرش التي تعمل في نفس الوقت = ٤ خطوط أي ٢٨ رشاش
- تصرف المضخة = ٥٣,٢ م٣/س

والرسم التخطيطى للنظام مبين فى شكل



ري بالرش النقالي لمساحة ٢٠ فدان بمحطة ضخ مستقلة لخدمة ٤ قطع كل منها ٥ فدان

النموذج الثالث المنفذ في جنوب التحرير

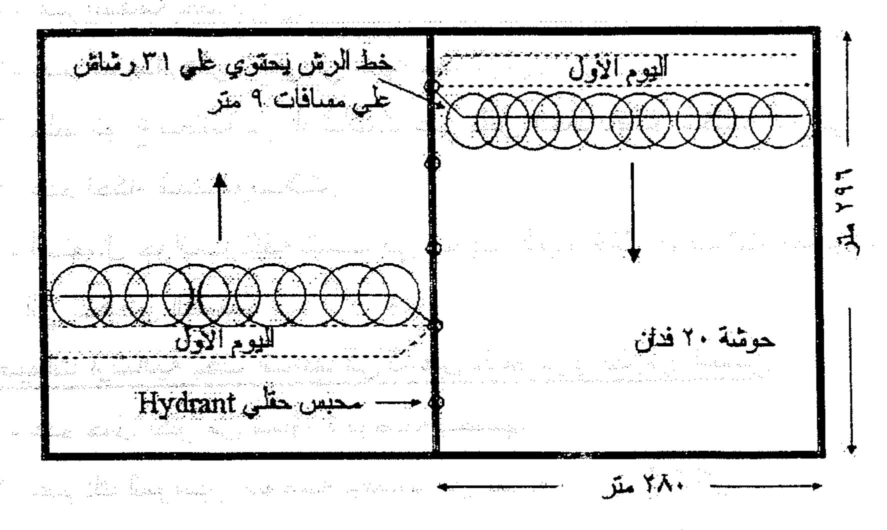
- الرشاش المستعمل RB30
- قطر الفوهه = ٤,٨ × ٤ر٢ مم.
- تصرف الرشاش = ١,٩ م٣/س
- ضغط الرشاش = ٣ بار.
- نصف قطر دائرة الابتلال = ١٤,٧ متر.
- مسافات الرشاشات = ١٨ × ٩ متر.
- قطر خط الرش = ٤ - ٣ بوصه.

- عدد الرشاشات علي خط الرش = ٣٠ – ٣١ رشاشات

الحوشة مساحتها ٢٠ فدان يخدمها خط رش واحد بطول حوالي ٢٧٩ متر.

- الفترة بين الريات = ٤ يوم.
- أقصى ساعات تشغيل يومى = ١٥ ساعة.
- عدد نقلات خط الرى بالرش فى اليوم = ٤ نقلات.
- زمن الرى فى النقله الواحده = ٣ ساعة.
- معدل الرش = ١١,٧ مم/ س
- تصرف خط الرش = ٥٧ م٣/س

والرسم التخطيطى للنظام مبين فى الشكل.



نظام الري بالرش في منطقة جنوب التحرير حيث تقع الأرض في حوش مساحتها ٢٠ فدان ويخدمها خط رش نقالي طوله ٢٧٠ متر

اسباب انخفاض كفاءة الرش النقالي:

١- انخفاض ضغط التشغيل.

٢- تسريب مياه الري من الوصلات المختلفة و الرشاشات.

٣- انسداد الرشاشات نتيجة عدم وجود فلتر شبكي علي بداية الخط لحجز الشوائب.

٤- عدم أستخدام المسافات الملائمة لنوع الرشاش

٥- عدم وجود مصدات رياح لتقليل تأثيرها الضار علي توزيع المياه الخارجة من الرشاش

العيوب الشائعة في أستخدام الرش النقالي:

١- عدم رأسية الرشاشات.

٢- تركيب الرشاش مباشرة علي الخط دون أستخدام حامل الرشاش.

٣- حمل أكثر من ماسورة موصلة ببعضها.

٤- عدم أستقامة خط الرش.

٥- عدم أستخدام فلتر شبكي في بداية خط الرش.

٦- خلط أنواع مختلفة من الرشاشات علي نفس الخط بأقطار مختلفة للفواني.

٧- عدم احكام شبك الوصلات.

٨- أستعمال جوانات تالفة تتسبب في تسريب المياه خلال الوصلات مما يؤدي الي تخفيض الضغط.

تعليمات ارشادية يجب أتباعها في تشغيل نظام الري بالرش النقالي.

١- عدم حمل أكثر من ماسورة موصلة ببعضها.

٢- عدم فك المواسير الموصلة ببعضها عن طريق حامل الرشاش.

٣- أستخدام جوانات جديدة عند مناطق التسريب حفاظا علي الضغط.

٤- عدم فتح المحبس الرئيسي بصورة مفاجأة حتي لا يحدث خلخلة و زيادة مفاجأة في ضغط تسبب فك المواسير و خروج الجوان عن موضعه.

٥- استخدام سمادة علي الخط لضمان أرتفاع كفاءة توزيع السماد والأستفادة به.

٦- فتح المحبس الرئيسي ربع فتحة عند نقل الحط النقالي لضمان أتزان الخط (حتي لا ينقلب الخط) أثناء عملية التركيب.

بعض التعديلات التى أدخلت لرفع كفاءة الرش النقالي

١- أستخدام مصفاة في بداية الخط النقالي:

عند أستخدام المياه البحارى والتي غالبا ما تحتوي على شوائب تتسبب في انسداد فواني الرشاشات مما يضطر المزارع الي تسليك الرشاشات عند نقل خط الرش ولتفادى ذلك يوضع مصفاة في بداية خط الرش بحيث يتم تنظيف المصفاة فقط عند نقل الخط ومنع الانسداد المتكرر للرشاشات مما يؤدي الي سوء توزيع المياه وتلف الرشاشات من جراء التسليك المستمر لها .

وقد قام مشروع كفاءات الري للصحراء بمركز تنمية الصحراء التابع للجامعة الأمريكية بالقاهرة بتصميم مصفاة لا تتعدى كلفتها ١٥ جنيه عند تصنيعها في الورش ولا يفقد خلالها قدر كبير من الضغط (٠,٥ متر) وقطر فتحاتها ٤ مم ويتم تثقيبها بواسطة بنطة ٤ مم لان فونية الرشاشات المستعملة عادة تكون أكبر من ٤ مم والمسافة بين مراكز دوائر الفتحات تكون ثلاثة أمثال قطر الفتحة مع وضع فتحة في الوسط لتصل نسبة المساحة المفتوحة الي ١٧,٥ % ويصل معامل الانسداد الي ٠,٥ وهذا يعطي معامل أمان ٢ بمعني أن المساحة المفتوحة الفعلية ضعف المساحة المفتوحة المحسوبة.

٢- تنك التسميد المعدل

أعتاد المزارع علي عدم حقن الأسمدة فى شبكة الرى بالرش مما يفقده مميزات كبيرة وهى أنتظام توزيع الأسمدة وتقليل الفاقد منها وبذلك يتم رفع كفاءة أستخدامها وأضافتها على دفعات متعددة وخاصة فى التربة الرملية الخفيفة. وكثيرا من المزارعين لا يتقبلون أستخدام تنك التسميد بحالته الراهنة حيث أن ضغط التشغيل لمعظم شبكات الرى منخفضة وأستخدام محبس لعمل فرق فى الضغط لا يتفق مع أنخفاض ضغط التشغيل علاوة على أرتفاع تكلفة المحبس وثقل وزنه عند نقل الخط. ولهذا تم تصميم تنك التسميد بحيث يتم

الأستغناء كاملا عن المحبس وذلك بتوجيه الماسورة الداخلة للخزان فى أتجاه سريان المياه بينما توجه ماسورة حقن الأسمدة الخارجة من التنك فى عكس أتجاه سريان المياه وهذا يتسبب فى حدوث فرق بسيط فى الضغط يكفى لحقن الأسمدة. ويبلغ زمن تفريغ التنك سعة ٦٠ لتر قرابة ساعة.ويتكلف تصنيعه ٢٥٥ جنيه. بأستخدام هذا التنك المعدل أمكن توفير فاقد فى الضغط ٠,٣ بار بالأضافة الى توفير ثمن المحبس الذى يبلغ ٢٠٠ جنيه.

٣- ترحيل خط الرش

يشير الترحيل الى عدم وضع خط الرش فى نفس الموضع عند كل رية بل يتم ترحيل الخط بمقدار نصف مسافة النقل بحيث لا يوضع الخط عند نفس الموضع للرية السابقة.حيث أنه عند وضع الخط فى نفس الموضع عند كل رية فأن الوضع الذى يحصل على كمية مياه زائدة فى الرية السابقة يحصل على نفس كمية المياه الزائدة فى الرية التالية ونفس الشى يحدث للوضع الذى يحصل على كمية مياه قليلة أما أذا تم ترحيل الخط بمقدار نصف مسافة النقل فأن الوضع الذى يحصل على كمية مياه زائدة فى الريه السابقة يحصل على متساويا كل ريتين متتاليتين. ويتم تطبيق ذلك عمليا بتحريك الخط نصف مسافة النقل عن طريق وضع ماسورة أضافية عمودية كمية مياه قليلة فى الرية التالية وهكذا يتم توزيع المياه توزيعا على الخط. وأستخدام هذا النظام يرفع معامل أنتظام توزيع المياه من ٦٥% الى ٨٠% وأيضا من ٨٠% الى ٨٩% أى أنه يرفع معامل أنتظام توزيع المياه بما لا يقل عن ١٠%.

الصيانة

١- يجب التأكد من قراءة عداد الضغط والخاص بمخرج الطلمبه (٥ ض.ج) وذلك لضمان التداخل المطلوب لدائرة الرى لكل رشاش.

٢- فى حالة انخفاض الضغط يجب التأكد من ماسورة السحب فى البياره وفى حالة إنسدادها يجب تنظيفها.

٣- عدم دوران الرشاش أو أن دائرة الرش للرشاش أقل من مثيلاتها على نفس الخط يجب فك الرشاش وتنظيف الفونيه بالغسيل العكسى بالماء والطرق عليها باليد لإزالة الرمال العالقة وبقايا الطحالب مع الطرق برفق على السوسته.

٤- ضمان تركيب المواسير الألومنيوم فى استقامة واحدة حتى لا يضيع الضغط لعدم إحكام المواسير مع بعضها.

٥- إذا زاد الضغط عن الرقم الموصى به (٥ ض.ج) يجب فك المواسير الألومنيوم والتأكد من خلوها من بقايا المحاصيل الزراعية أوالحيوانات الزاحفة أو أى رواسب تعوق سير المياه.

٦- فى حالة استخدام الأسمدة الكيماوية والمبيدات حقنا عن طريق شبكة الرى بالرش يجب استمرار تشغيل الرى لمدة نصف ساعة على الأقل لضمان غسيل الشبكة من أى رواسب كيماوية لتلافى تأثير ما تحدثه من تفاعل مع الأجزاء المعدنية بشبكه الرى .

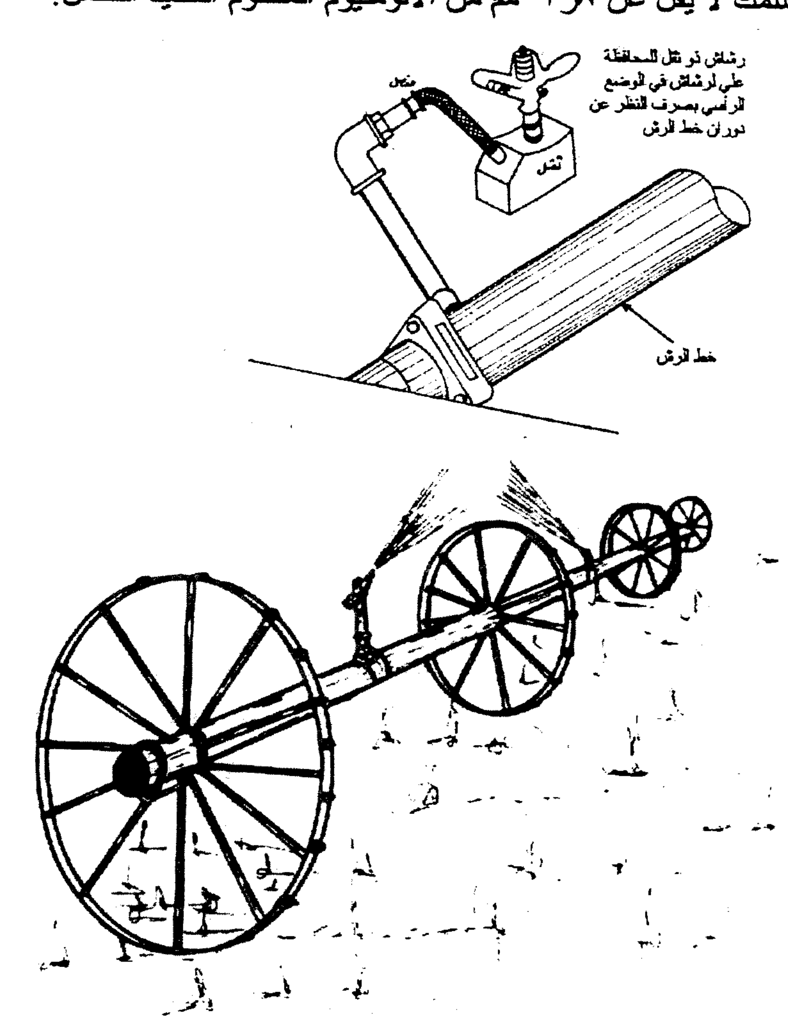
٧- فى عمليات خدمة المحصول (حرث - عزيق - حصاد) بواسطة الجرارات يجب تخزين المواسير بعيدا عن خط سير الجرارات

خط الرش المتنقل على عجل SIDE ROLL

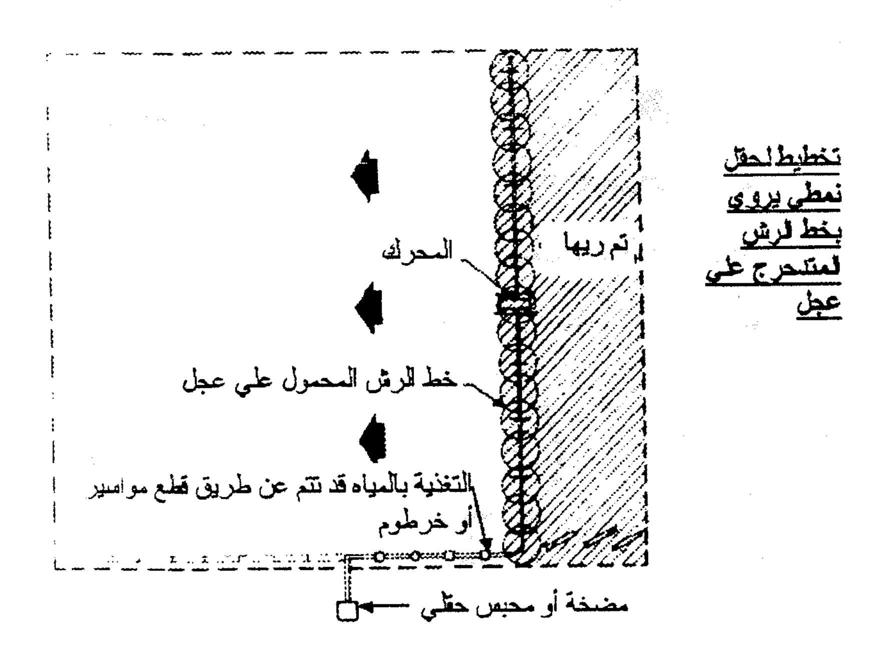
يختلف خط الرش المحمول على محور العجل عن خط الرش المتنقل فى أن الخط يتحرك كوحدة واحدة. ويستخدم كمحور للعجل الذى يتحرك عليه بواسطة محرك بنزين صغير يوضع فى منتصف خط الرش والشكل يوضح منظور لخط الرش المحمول على محور العجل.

ويلائم هذا النظام المحاصيل القصيرة الطول ويلائم أيضا المساحات المستطيلة ذات الميول المنتظمة والتى لا يوجد بها عوائق. ويختار قطر العجل بحيث يلائم أرتفاع المحصول وأيضا بحيث تصنع اللفات الكاملة للعجل المسافة بين خطوط الرش. فمثلا إذا كانت المسافة بين خطوط الرش المطلوبة ١٨ متر (٦٠ قدم) يستعمل عجل قطره ٩ر١ متر (٤ر٧٦ بوصه)

ليلف ثلاثة لفات كاملة. ويلائم المحاصيل الكثيفة التى تزرع على أرض منبسطة خط رش طوله لا يزيد عن ٤٨٠ مترا أما فى الأراضى الغير منتظمة الميل والمحاصيل التى تزرع على خطوط مثل البطاطس فيوصى باستعمال خط رش طوله لا يزيد عن ٤٠٠ متر. وفى العادة يكون خط الرش بقطر ١٠٠ أو ١٢٥ مم (٤ أو ٥ بوصة) ومصنوع من الألومنيوم و فى حالة استعمال الطول القياسى للخط وهو ٤٠٠ متر للمحاصل الكثيفة يوضع على الأقل ٣ قطع من المواسير على جانبى المحرك الموضوع فى منتصف الخط بسمك لا يقل عن ١٫٨ مم من الألومنيوم الملحوم الشديد التحمل.



خط الرش المتدحرج على عجل Side roll

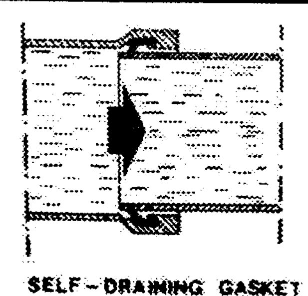


تخطيط لحقل نمطي يروى بخط الرش المتدحرج علي عجل

ويزود خط الرش بمحابس لصرف المياه منه عند كل وصلة كما فى الشكل وذلك لصرف المياه من الخط قبل تحريك الجهاز من شريحة الى أخرى. وفى بعض الأحيان يزود الرشاش بثقل ليجعله رأسيا دائما بصرف النظر عن لفات خط الرش كأن تكون جزءا من اللفة و تسمى self-aligning sprinklers . بالإضافة الى أنه يجب تزويد خط الرش بعدد اثنين على الأقل من الركائز أو المساند wind braces على طرفى خط الرش وذلك لمنع حركة الجهاز أثناء الرش بواسطة الرياح وخاصة اذا كانت الارض مائلة. وعند الانتهاء من رى الشريحة يجب إعادة الجهاز لموضع البداية. و الشكل يوضح طريقة تشغيل النظام.

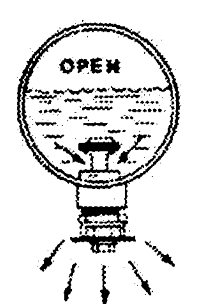
صمام تصريف المياه الذاتي في خط الرش المحمول على عجل

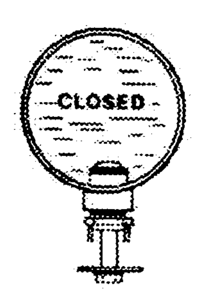
أ – بإستخدام الجوان



AUTOMATIC DRAINING VALVE

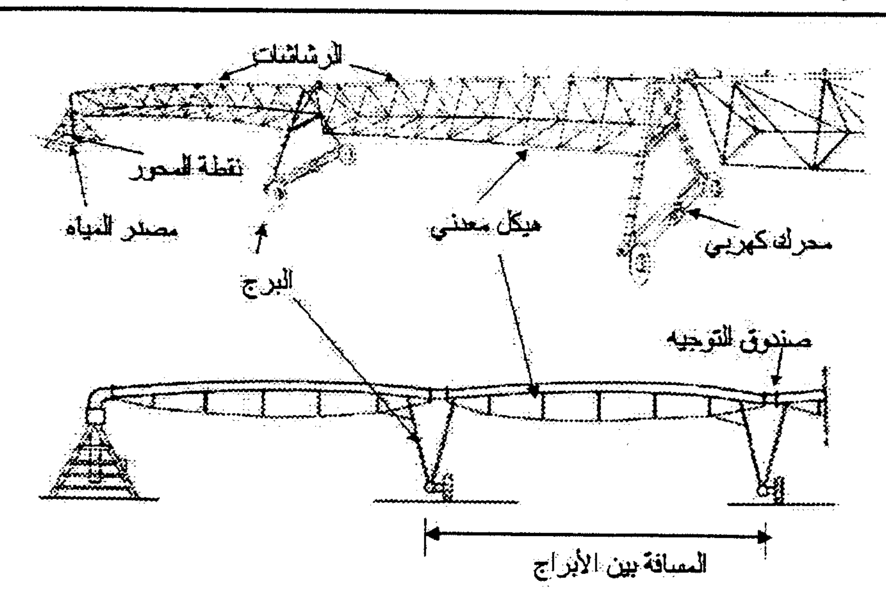
ب- بإستخدام ضغط الياي



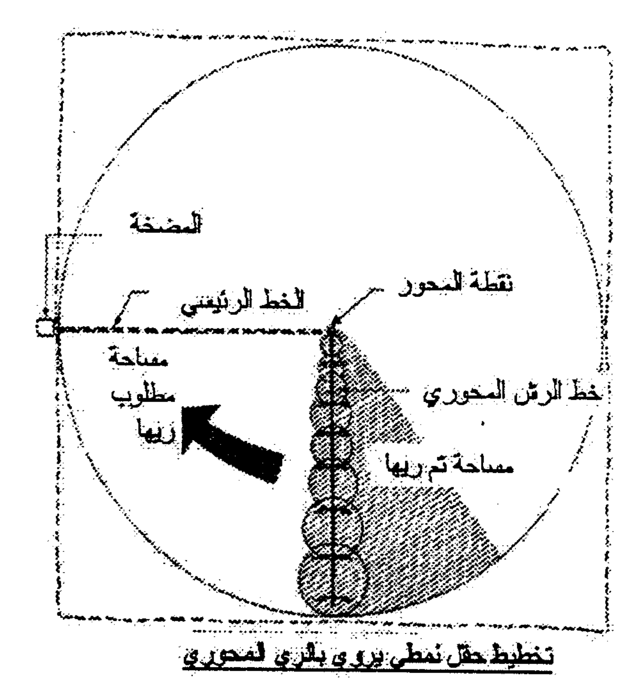


الرى بالرش المحورى Center-Pivot

يتركب الجهاز المحورى كما فى الشكل من خط أنابيب يحتوى على رشاشات ومثبت من أحد طرفيه والطرف المثبت يسمى بنقطة المحور والطرف الحر يسمى بالنهاية الطرفية . و نقطة المحور عبارة عن قاعدة خرسانية مثبت عليها المحور وهو نقطة تزويد الجهاز بمياه الرى. ويقوم الجهاز المحورى برش مياه الرى أثناء حركته الدائرية المستمره حول نقطة المحور. وخط الرش المحورى محمول عن الارض بأرتفاع حوالى ٣ متر بواسطة أبراج على مسافات ٥٠ مترا فى المتوسط . ومثبت على كل برج موتور كهربائى قدرته ٥ر. الى ٥ر١



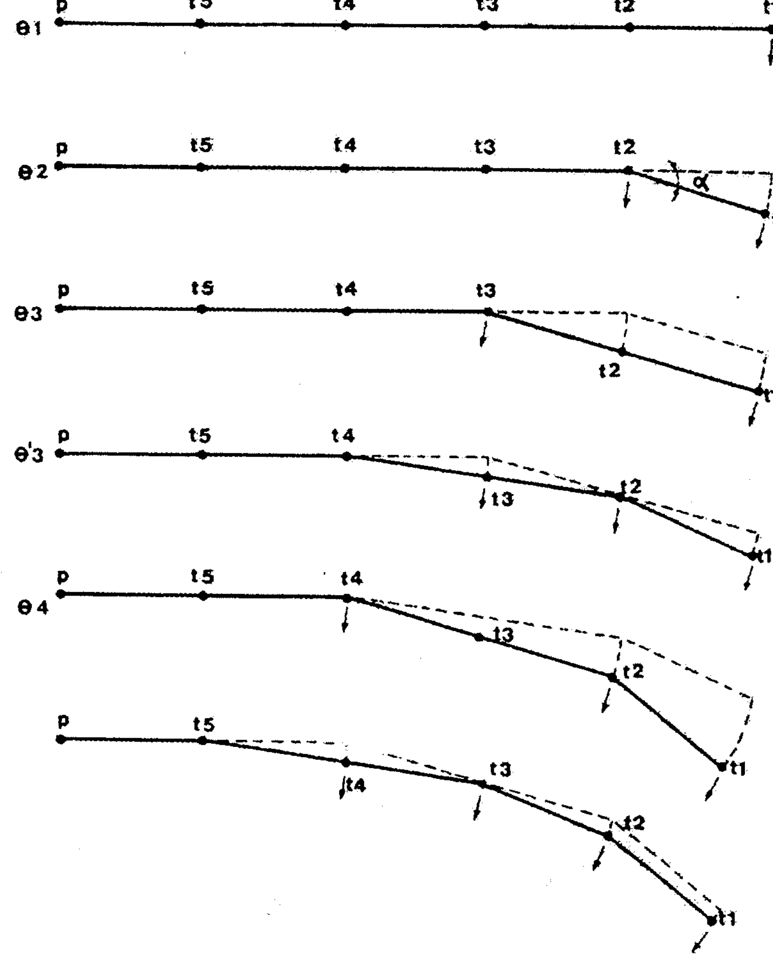
الأجزاء الرئيسية لجهاز الري بالرش المحوري



تخطيط حقل نمطي يروى بالري المحوري

حصان لإدارة عجلتين محمل عليهما البرج، وذلك فى حالة الأجهزة التى تدار كهربائيا، وهى الأكثر أنتشارا. والجهاز المحورى يمكنه الدوران فى

أتجاهين، وأثناء الدوران يعمل البرج الأخير كقائد، وينفذ تعليمات المؤقت الزمنى فى لوحة الضبط والتحكم. وأستقامة الجهاز المحورى تتم من قبل الأبراج التى تتلمس مساراتها بحرية بالنسبة للبرج الأخير ومحور الجهاز، وفى حالة حدوث خلل فى أستقامة الجهاز يتوقف الجهاز عن الحركة.



تبدأحركة البرج حينما تزيد الزاوية بين البرجين α عن قيمة محدده ويقف عن الحركة عندما يكون البرجين المتجاورين على أستقامة واحدة.

θ الزمن P نقطة المحور t3 البرج رقم ٣ α الزاوية بين برجين متجاورين

α ANGLE BETWEEN TWO ADJACENT PIPE ELEMENTS

المصدر: FAO.36. Mechanized Sprinkler Irrigation

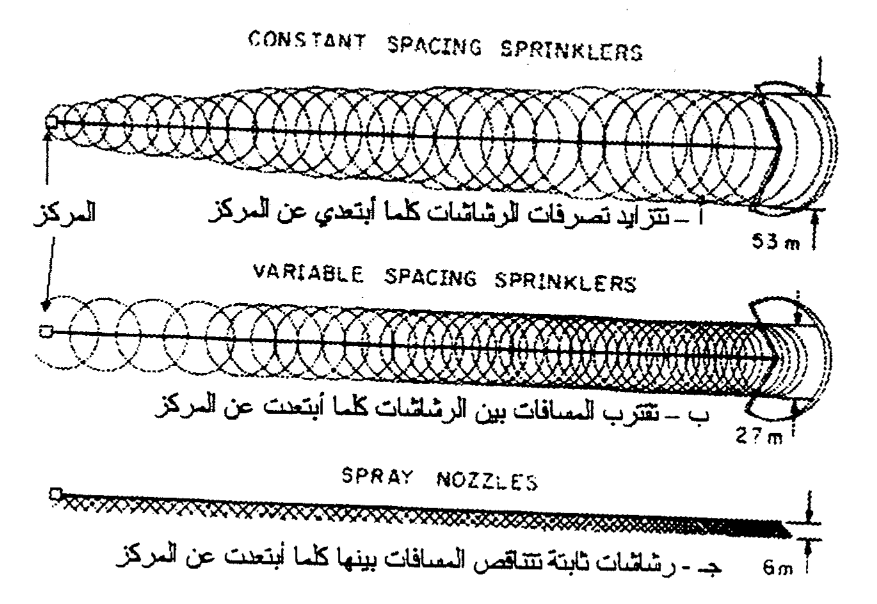
وكلما ابتعد البرج عن نقطة المحور أزدادت حركة دورانه. ولذلك ولكى يقوم الجهاز بإضافة كميات متساوية من المياه للتربة يتزايد معدل رش المياه للرشاشات، كلما زاد بعد الرشاش عن المحور أو تقترب المسافات بين الرشاشات كلما زاد بعدها عن المحور كما هو موضح فى الشكل. ومما تقدم يتضح أن الرشاشات مرتبه على المحور بأرقام معينه، وأن هذا الترتيب فى غاية الأهمية ولا يمكن تعديله. وفى حالة أستبدال أية رشاشات عند تلفها يجب أستبدالها بالأرقام والمواصفات نفسها.

يعتمد الضغط اللازم لتشغيل الجهاز المحورى على نوع الرشاشات المستعمله، وأيضا على طول الجهاز. والنظام المحورى ذو الضغط المنخفض و الرشاشات الثابته ذات الأنابيب الساقطة بالقرب من قمة المحصول يلائم تماما ظروف الصحراء. حيث إن الضغط المنخفض يقلل من استهلاك الطاقة، والرشاشات الثابته ذات معدل الرش المرتفع تلائم التربه الرمليه الخفيفة وأستعمال الأنابيب الساقطه يقلل من فاقد المياه بالبخر وانجراف الرياح. وللحصول على توزيع جيد للمياه يراعى عند أستعمال الرشاشات الثابتة أن تكون المسافات بينها متقاربة على المحور، وتساوى تقريبا قدر مره ونصف من أرتفاع الرشاشات عن قمة المحصول.

وفى العادة يتم حساب الزمن الفعلى للفه تحت ظروف التشغيل فى الحقل حيث أن الزمن النظرى للفة يختلف عن الزمن الفعلى، لإختلاف ظروف التربة ومقاسات العجل وانزلاقه. وللتغلب على هذه المشكلة يقاس الزمن الفعلى لدوران الجهاز عند ضبط نسبة التوقيت فى الموقت الزمنى داخل لوحة الضبط والتحكم عند نسبة ١٠٠%.

تقوم نسبة التوقيت فى المؤقت الزمنى بتنظيم سرعة الجهاز عن طريق التحكم فى نسبة الزمن الذى يتحرك فيه البرج فى الدقيقة الواحدة. فمثلا إذا قمت بضبط نسبة التوقيت على ١٠٠% فمعنى ذلك أن البرج الأخير يتحرك ٦٠ ثانية فى الدقيقة، أى يتحرك بأستمرار دون توقف. أما إذا تم الضبط على نسبة توقيت ٧٥% من الدقيقة فإن البرج الأخير يتحرك ٤٥ ثانية كل دقيقة، أى يتحرك ٧٥% من الدقيقة وهكذا. فإن كان الجهاز يقوم بإكمال اللفة فى زمن ١٢ ساعة عند ضبط نسبة التوقيت على ١٠٠% فإنه يقوم بإكمال اللفة فى

زمن ١٦ ساعة عند ضبطه على نسبة توقيت ٧٥% (١٢ ÷ ٠٫٧٥ = ١٦) وهكذا. ويمكن صياغة ذلك في صورة معادلات كما يلي :-



نظام توزيع الرشاشات في جهاز الرش المحوري

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{dg_1}{dg_2}$$

حيث H زمن اللفة للجهاز بالساعة

n نسبة التوقيت % time setting

d_g عمق ماء الري الذي يضيفه الجهاز

حساب التصرف الكلى Q المطلوب للجهاز المحورى

$$Q \times H = \pi R^2 \times \frac{ET_o \times K_c}{E_a}$$

حيث:

Q = التصرف الكلى لتر/ث H = ساعات الرى اليومى (بحد أقصى ٢٢ ساعة فى اليوم)

R = نصف قطر الرى للجهاز بالمتر ET_o = اقصي بخر نتح قياسي مم/ يوم

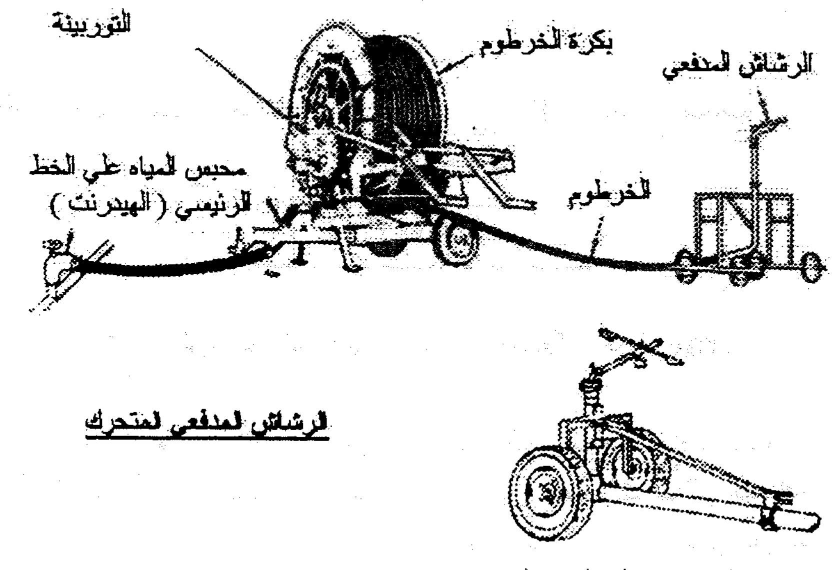
E_a = كفاءة اضافة المياه Kc = معامل المحصول

$$Q = \frac{\pi R^2 \times ET_o \times K_c}{3600 \times H \times E_a}$$

الرى بالرشاش المدفعى المتجول Traveler - Gun

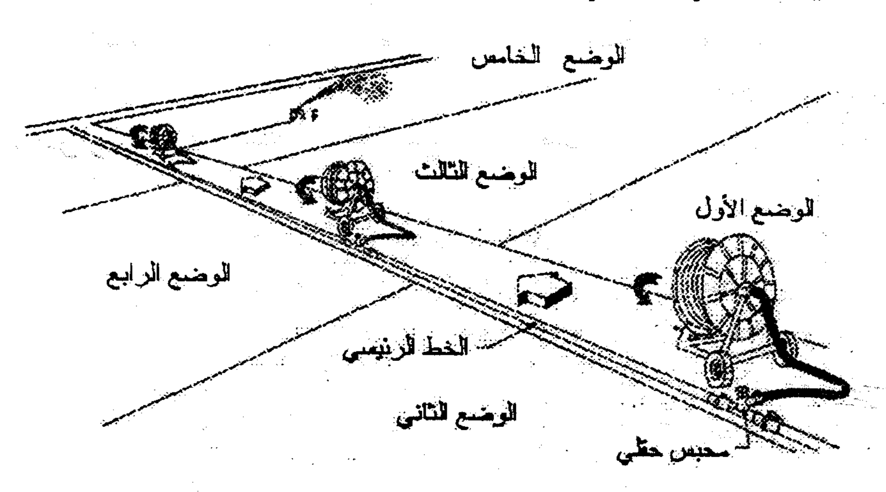
عبارة عن رشاش عملاق مزود بخرطوم يمده بالمياه ومحمول على عربة بثلاث عجلات يمكن ضبط المسافات بين العجلات لتلائم المسافة بين صفوف النبات وتتحرك العربه فى خط مستقيم أثناء الرش المستمر عن طريق بكره تقوم بسحب الخرطوم بسرعة منتظمة كما فى الشكل رقم (١٥) . والشائع أستخدامه هو خرطوم قطره من ٣-٤ بوصه مصنوع من البولى إيثيلين العالى الكثافة و يتحمل ضغط يصل الى ١٥ جوى وطوله يصل الى ٤٠٠ متر وتدار هذه البكره الثابتة على رأس الحقل عن طريق تربينة مياه (كما فى الشكل رقم ١٥) تدار بفعل اندفاع المياه الواصله اليها من مصدر المياه فتقوم البكره بلف الخرطوم (اللى) حولها كما فى الشكل . وتصرف الرشاش العملاق يتراوح بين ١٢ -٣٦ لتر /ث. وقطر دائرة ابتلال تصل الى ١٢٠ متر ويعتمد التداخل بين الشرائح على قطر دائرة الابتلال للرشاش وعلى سرعة الرياح السائدة وغالبا ما تستعمل رشاشات تلف جزء من الدائرة ولذلك يمكن مرور الرشاش على أرض جافه. وعند وصول الرشاش المدفعى للبكره يصطدم بذراع يقوم بايقاف البكره عن الحركة. بحيث يحصل فى النهاية على سرعة منتظمه ثابته للرشاش يتراوح بين ٠٫١٣ - ١ م/ د وتتطلب هذا النظام ضغطا كبيرا فبالإضافة الى ضغط تشغيل الرشاش من ٥-٧ جوى يضاف الضغط اللازم للتغلب على الأحتكاك فى الخرطوم ويقدر ب ١٫٤ - ٢٫٧

ض.ج وذلك فهو يناسب المساحات ذات الأحتياج الموسمى الصغير وذلك لتقليل تكاليف الطاقة. وهذا يفسر أستخدامه أساسا فى الرى التكميلى وأنتشاره فى المناطق الرطبه مثل أوروبا وشرق الولايات المتحدة الأمريكية .



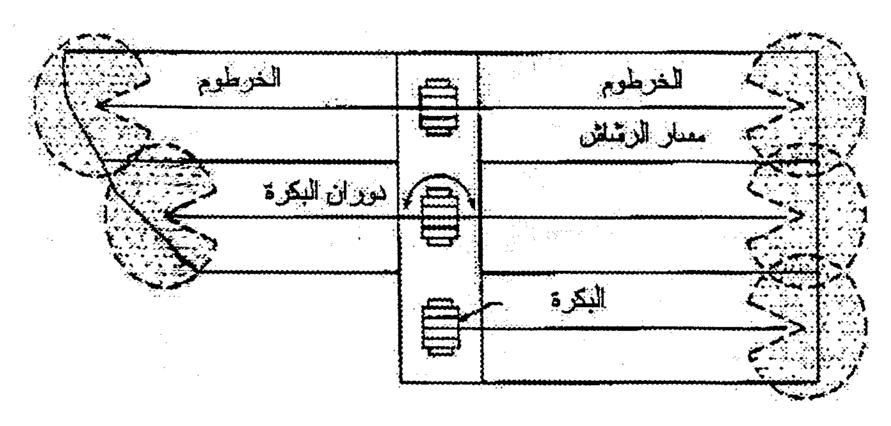
الرشاش المدفعي المتحرك

الرشاش المدفعي محمل علي عجلتين

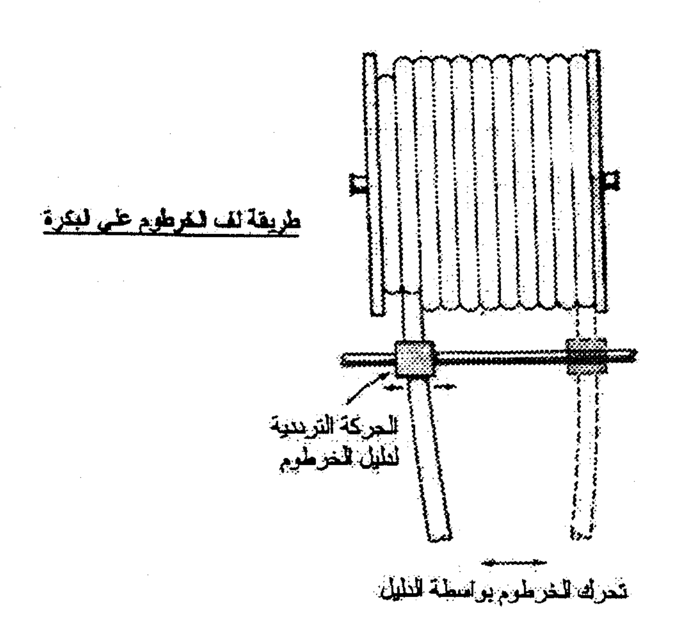


طريقة تشغيل الرشاش المدفعي المتجول

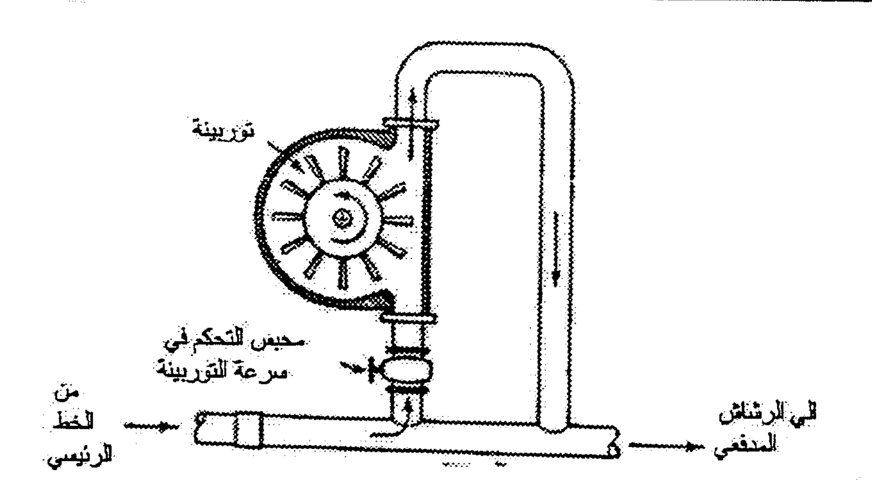
تخطيط حقل نمطي يروي بالرشاش المدفعي المتجول



تخطيط حقل نمطي يروي بالرشاش المدفعي المتجول



طريقة لف الخرطوم علي البكرة



توبينة ادارة الرشاش المدفعي المتحرك

وطريقة التشغيل كما هو موضح فى شكل تتم بسحب الآله الى الحقل بالجرار ثم توصيلها بمصدر المياه ثم تنزل عربة الرشاش الى الارض ونشبكها بالجرار ثم نقوم بسحبها الى نهاية الحقل أو الخرطوم. ونقوم بفتح المياه للآله ثم نضبط عداد السرعة عن طريق التحكم فى سرعة التربينة للحصول على سرعة أمامية مناسبة وعداد السرعة Tachometer يعمل على أساس أنه مؤشر لعدد لفات تربينة المياه فى الدقيقة RPM فكلما زاد عدد اللفات للتربينه زادت السرعة الأمامية. وتتوقف البكره Reel عن الحركة أتوماتيكيا عندما يلف كل الخرطوم Hose حول البكره أى عندما يصل الى نهايته وبعد اتمام عملية الرى فى أحدى الأتجاهين يمكنك إدارة الآله لتقوم بعملية الرى فى الأتجاه المقابل وعملية إدارة الآله لا تتطلب إدارة شاسيه الآله بل يوجد مفصل لتسهيل عملية الدوران.

والرشاش المدفعى يمتاز بسهولة نقله من حقل الى آخر بالإضافة الى أنه من السهل تشغيله فى الحقول ذات الأشكال غير منتظمة وهو يصلح تقريبا لمحاصيل كثيرة إلا أن الفاقد فى البخر و انجراف الرياح يعد كبيرا نسبيا بالإضافة الى أستخدامه فى رى المحاصيل يستخدم فى رش (نثر) الفضلات بالمزرعه. ففوهة الرشاش العملاق كبيرة تساعد على عدم انسدادها وحيث أن الفضلات تحتوى على مواد صلبه فإنها قد تسبب فى سد وإتلاف التربينه

وذلك يستخدم فى هذه الحالة مصدر آخر للقدرة مثل عمود الاداره الخلفى PTO للجرار أو محرك إضافى قدرته حوالى ٣ حصان. كما أنه يستخدم عمود الادارة الخلفى PTO فى الحالة الطارئة مثل هطول الأمطار المفاجئة مما يستلزم لف الجهاز بسرعة بدون رى أى دون أستعمال التربينه. ومن عيوب الرشاش المدفعى أيضا أنه فى حالة أنخفاض ضغط التشغيل عن المقرر يقل قطر الابتلال للرشاش ويتسبب فى وجود بقع لا تصلها المياه وأيضا خروج قطرات مياه كبيرة الحجم من فوهة الرشاش بنسبة كبيرة تتسبب فى إتلاف المحاصيل وحدوث الرقاد بها.

١- حساب تصرف الرشاش المدفعي اللازم لري مساحة معينة

$$Q = \frac{ET_o \times K_c \times L \times W}{3600 \times H \times E_a}$$

حيث L طول الحقل بالمتر

W عرض شريحة الأبتلال بالمتر

Et_o أقصي بحر نتح قياسي مم/يوم

Kc معامل المحصول المقابل لأقصي أستهلاك مائي يومي للمحصول

H اقصي عدد ساعات تشغيل يومي للجهاز ويجب الا تزيد عن ٢٢ ساعة/يوم

E_a كفاءة الري للجهاز وتتراوح بين ٠,٧ - ٠,٨.

Q تصرف الرشاش المدفعي لتر/ث

٢- حساب السرعة المطلوبة للجهاز

$$Q \times T \times 60 = L \times W \times d_g$$
$$Q = \frac{L}{T \times 60} \times W \times d_g$$
$$Q = \frac{S \times W \times d_g}{60}$$

حيث S سرعة تحرك الرشاش المدفعي متر/ دقيقة

Q تصرف الرشاش المدفعي لتر/ث

W عرض شريحة الأبتلال للرشاش المدفعي بالمتر

d_g عمق ماء الري الأجمالي مم

٣- حساب عمق ماء الري الأجمالي d_g

$$d_g = AW \times Z \times depletion \times \frac{1}{E_a}$$

حيث AW عمق الماء المتاح بالتربة مم/متر Available water

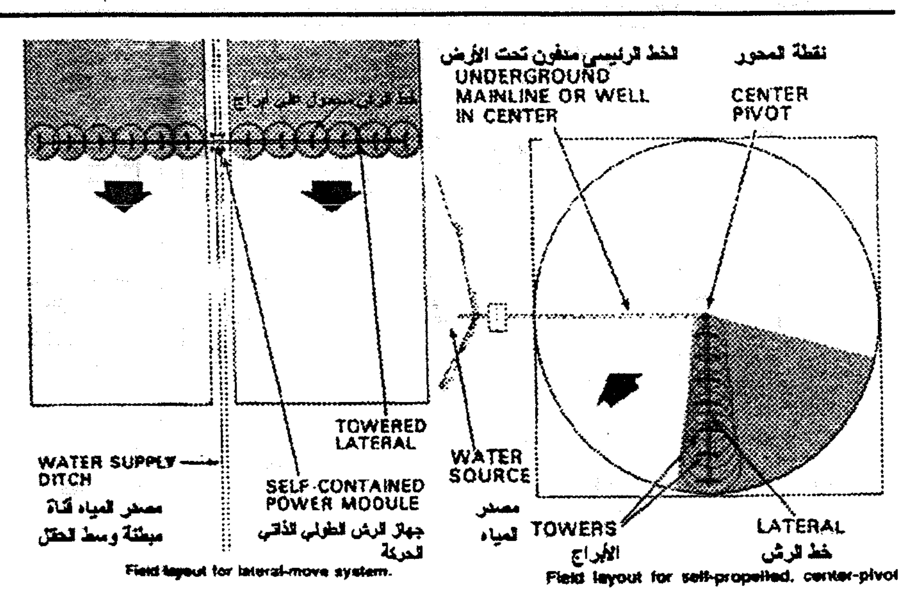
Z العمق الفعال للجذور بالمتر Effective root zone depth

depletion نسبة الأستنفاذ المسموح بها للرطوبة في منطقة الجذور حوالي ٠,٥٠

E_a : كفاءة إضافه المياه

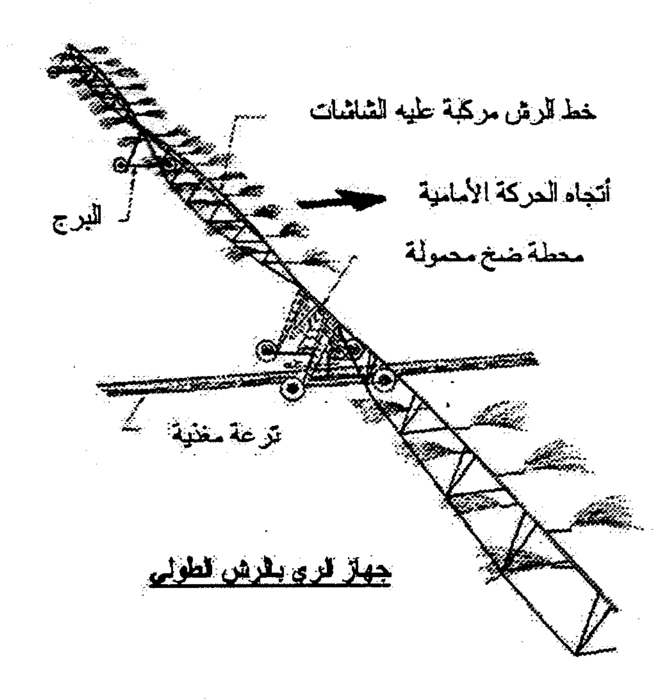
جهاز الرش الطولي

يجمع هذا الجهاز بين خصائص الري بالرش المحوري في ان خط الرش محمول علي أبراج ويتحرك بنفس النظام عدا أتجاه الحركة فهي مستقيمة وبين خصائص الرشاش المدفعي في طريقة التغذية بالمياه. ويتطلب أستخدام جهاز الري بالرش الطولي أن يكون الحقل مستطيل وخالي من العوائق. ويمتاز هذا النظام بالحصول علي كفاءة عالية في أنتظام توزيع المياه وقلة التأثر بالرياح. ويزود الجهاز بالمياه أما بواسطة خرطوم كماهو الحال في الرشاش المدفعي أو بواسطة قناة مكشوفة في تشق وسط الحقل وبذلك تزود عربة الجهاز الذاتية الحركة بوحدة ضخ تقوم بسحب المياه من القناة وضخها في خط الرش. وبمقارية الرش الطولي بالمحوري يمكن القول أن الطولي لايترك أركان بدون ري كما في المحوري، والنظام الطولي يبدأ الري من بداية الحقل وينتهي عند نهايته ولذلك يجب العودة بالجهاز بدون ري لبداية الحقل عند الرية التالية في حين أنه في حالة الري المحوري فأن الجهاز يعود لنقطة البداية عند أنتهاء عملية الري لأن الجهاز يلف حول محيط الدائرة وهذه ميزة كبرى في جهاز الري المحوري. ويوجد طرق عديدة لتشغيل النظام الطولي.

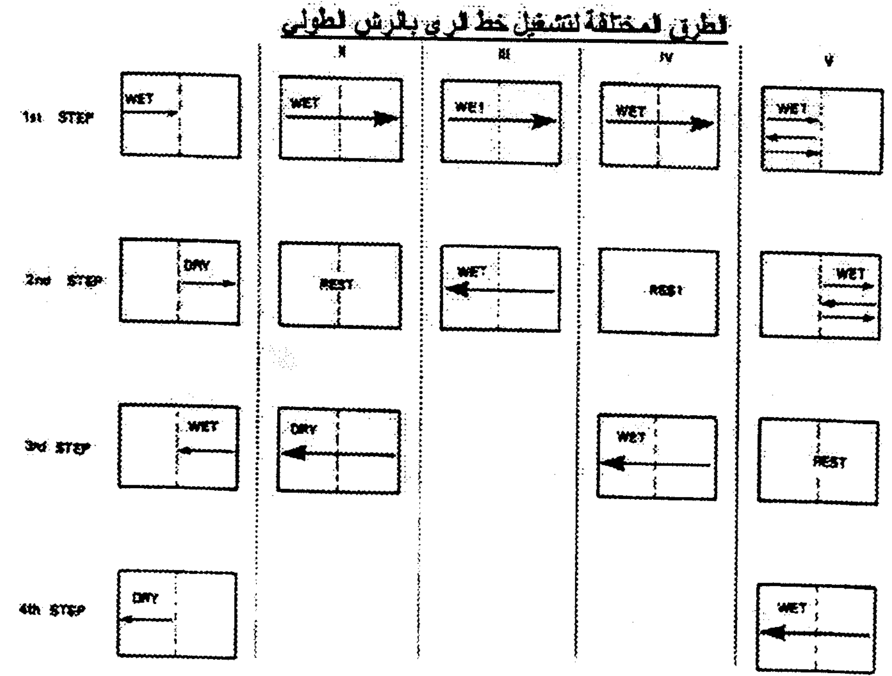


تخطيط حقل يروى بالرش الطولي

تخطيط حقل يروى بالرش المحوري



جهاز الري بالرش الطولي



للتغلب علي هذه المشكلة منها ري نصف المسافة ثم تكملة باقي المشوار بدون ري لنهاية الحقل وعند العودة يتم ري نصف المشوار الذي ترك بدون ري ثم اكمال النصف الآخر للمشوار بدون ري وهكذا.

٢- حساب تصرف الجهاز اللازم لري مساحة معينة

$$Q = \frac{ET_o \times K_c \times L \times W}{3600 \times H \times E_a}$$

حيث L طول الحقل بالمتر

W عرض الحقل أو طول الجهاز بالمتر

Et_o أقصي بخر نتح قياسي مم/يوم

Kc معامل المحصول المقابل لأقصي أستهلاك مائي يومي للمحصول

H أقصي عدد ساعات تشغيل يومي للجهاز ويجب ألا تزيد عن ٢٢ ساعة/يوم

E_a كفاءة الري للجهاز وتتراوح بين ٠,٧ – ٠,٨

Q تصرف الجهاز لتر/ث

٢- حساب السرعة المطلوبة للجهاز

$$Q \times T \times 60 = L \times W \times d_g$$

$$Q = \frac{L}{T \times 60} \times W \times d_g$$

$$Q = \frac{S \times W \times d_g}{60}$$

حيث S سرعة الجهاز متر/ دقيقة

Q تصرف الجهاز لتر/ث

W طول الجهاز بالمتر

d_g عمق ماء الري الأجمالي مم

٣- حساب عمق ماء الري الأجمالي d_g

$$d_g = AW \times Z \times depletion \times \frac{1}{E_a}$$

حيث AW عمق الماء المتاح بالتربة مم/متر Available water

Z العمق الفعال للجذور بالمتر Effective root zone depth

depletion نسبة الأستنفاذ المسموح بها للرطوبة في منطقة الجذور حوالي ٠,٥٠

حقن الأسمدة فى شبكات الرى بالرش :

يتم حقن الأسمدة فى شبكة الرى بالرش عن طريق أستخدام تنك تسميد محكم الغلق ويتصل بالشبكة كما هو موضح بالشكل . ويتم الحقن من خلال أنبوبة بها أختناق Venturi Pipe وتتصل بالخط الرئيسى ولكن من الممكن أيضا أن توصل بخط الرش وذلك عند الهيدرنت. وتضاف الأسمدة لتنك التسميد بالكمية المطلوب اضافتها للمساحة التى تغطيها الرشاشات حيث تضاف الأسمدة لتنك التسميد بالكمية المطلوب إضافتها للمساحة التى تغطيها الرشاشات حيث:

كمية الأسمدة(كجم) = معدل التسميد(كجم/فدان) × المساحة التى تغطيها الرشاشات بالفدان

وعندما تحقن الأسمدة خلال نظام الرى يفضل الرى بدون تسميد خلال نصف الزمن المقرر للرى ثم تحقن الأسمدة فى ربع زمن الرى ثم نمرر مياه خالية من الأسمدة فى الربع الأخير من زمن الرى للسماح بغسيل المجموع

شكل (١٧)

الطرق المختلفة لحقن الأسمدة في شبكات الري بالرش

وحدة تسميد متنقلة بمشتملاتها

١ ـ الحقن بإستخدام خطي السحب والطرد للمضخة

٢ ـ بإستخدام فرق ضغط المحبس

٣ ـ الحقن بإستخدام فرق الضغط لمحبس عدم الرجوع

٤ ـ الحقن عن طريق فرق الضغط الناتج عن عكس اتجاه الدخول والخروج على الخط

٥ ـ الحقن بإستخدام فرق الضغط عند المسلوب

الخضرى للنيات من بقايا الأسمدة وأيضا لضمان تخلل الاسمدة لمنطقة الجذور وأخيرا لغسيل شبكة الرى من الأسمدة لمنع حدوث ترسيبات بها.

خطوات حقن الأسمدة فى شبكة الرى بالرش :

١- أغلق صمام الصرف أسفل قاع تنك التسميد
٢- أخلع غطاء تنك التسميد
٣- أفتح المحبس الموصل لأنبوبة الفنشورى.
٤- أملئ تنك التسميد بالمياه الى المنتصف.
٥- أغلق المحبس
٦- ضع قمع تفريغ الأسمدة فى الفتحة العليا لتنك التسميد وأضف الأسمدة.
٧- أخلع القمع وأفتح المحبس وأملئ تنك التسميد بالمياه .
٨- أعد غطاء التنك مع إحكام غلقه بالصامولة.
٩- شغل الرشاشات لنصف زمن الرى بدون تسميد ثم أفتح المحبسين الموصلين لأنبوبة الفنشورى بالكامل.
١٠- سوف تسرى الأسمدة خلال خط الرى وتسخدم المحابس الموصلة لأنبوبة الفنشورى للتحكم فى معدل السريان.
١١- بعد إضافة الأسمدة أغلق المحبسين الموصلين لأنبوبة الفنشورى مع الأستمرار فى تشغيل الرشاشات بالمياه النظيفة.
١٢- يفتح صمام الصرف لتفريغ تنك التسميد.

وضع برامج الرى فى حالة الرى بالرش

المحصول : ذرة عويجة (سورجام).

الأحتياجات المائية الشهرية (بالمم) :

يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر
-	-	-	٩٦	١٨٣	٢٩٧	٢٤٢	٧٤	-

لحساب الأحتياجات المائية اليومية بالمتر المكعب فى اليوم للفدان مثلا خلال شهر يونيو:

٢٩٧ مم فى الشهر × ٤ر٢

= ------------------ = ٤١ر٦ م٣/فدان . يوم

٣٠ يوم فى الشهر

ولحساب التصرف اللازم للفدان إذا كانت ساعات التشغيل اليومى ٨ ساعات يوميا وكفاءة الرى ٧٥% .

٤١ر٦ م٣/فدان

= ------------------ = ٦ر٩ م٣/ ساعه

يوم × ر٧٥ × ٨ ساعات

فإذا كانت المساحة المنزرعة ٥ فدان فإن التصرف المطلوب
=٦ر٩ × ٥ = ٣٤ر٥ م٣/ س.

أما فى حالة التشغيل اليومى ١٥ ساعة فى اليوم فإن :

التصرف اللازم للفدان = ٤١ر٦ ÷ ر٧٥ × ١٥ = ٣ر٧ م٣/س

التصرف اللازم لزراعة ٥ فدان = ٣ر٧ × ٥ = ١٨ر٥ م٣/س

ومما سبق يتضح أهمية ساعات التشغيل فى التحكم فى التصرف اللازم فهو فى حالة التشغيل ٨ ساعات فى اليوم ٣٤ر٥ م٣/س اما فى حالة ١٥ ساعة فى اليوم يكون مقداره ١٨ر٥ م٣/س أى حوالى النصف.

ولحساب زمن الرى اللازم فى اليوم لتلبية الأحتياجات المائية للنبات وعلى فرض وجود رشاشات من النوع TNT ٣٠ وتصرفها ١ر٤ م٣/س وتوضع على مسافات ١٢ × ١٢ متر.

١ر٤ × ١٠٠٠

فإن معدل الرش = ---------------- = ٩ر٧ مم/س

١٢ × ١٢

وبما أن الأحتياجات المائية خلال شهر يونيو = ٢٩٧ ÷ ٣٠ = ٩ر٩ مم/يوم

الأحتياجات المائية اليومية

فإن زمن الرى فى اليوم = ------------------------

كفاءة نظام الرى × معدل الرش

٩٩

= ------------ = ١ر٣٦ ساعة

ر٧٥×٩ر٧

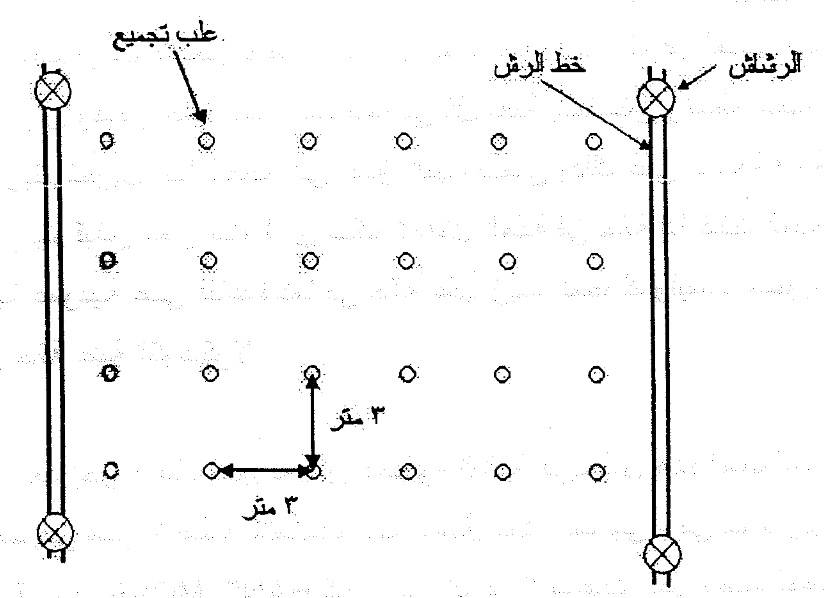
أى أن زمن الرى فى اليوم حوالى ساعة وثلث - وإذا كانت الفترة بين الريات ثلاثة أيام فإن زمن الرى يكون ٤ ساعات فى كل ثلاثة أيام.

تقييم نظم الرى بالرش

Sprinkler System Evaluation

تتمم عملية نظم الرى بالرش لمعرفة حالة آداء نظام الرى. والعوامل التى يتم تحديدها خلال عملية التقييم هى عمق ماء الرى المضاف ومتوسط عمق الماء يصل الى سطح الأرض ويكون متاح لاستهلاك النبات. ومدى الأختلاف فى أعماق المياه المتساقط على الأرض. وطريقة التقييم يمكن أن تكون دقيقة جدا وتنفذ تحت شروط قياسية. وهذا النوع من التقييم يمكن أن ينفذ بواسطة الشركة المصنعة لمعدات وأجهزة الرى خلال فترة أختبار هذه المعدات والأجهزة وكذلك أثناء إجراء البحوث العلمية الدقيقة. ولكن بالنسبة للمزارع فى حقله فإنه يمكنه الحصول على معلومات مفيدة جدا من عملية تقييم حقلى أقل دقة. فالمعلومات التى يتم تحديدها يمكن أستخدامها لتحسين آداء نظام الرى بالرش وأيضا لقياس التغيرات التى تحدث فى نظام الرى نتيجة التآكل الذى يحدث فى الرشاشات أو المضخة. وتختلف عملية التقييم بإختلاف نظام الرى فبالنسبة لنظام خط الرش اليدوى **HAND MOVE** وخط الرش المحمول على عجل **SIDE-ROLL** ونظام الرى بالرش الثابت **FIXED SYSTEM** فإنه يمكن إتباع الخطوات الآتية.

١- ضع علب (علبة مشروبات بلاستيك مثل الكوكاكولا أو علب زيت محرك سعة ١ لتر) بين وضعين لخط الرى بالرش بحوالى ثلث المسافة من أول خط الرش إلى نهايته. وبعد حوالى ٥ر١ متر من خط الرش وحوالى ٥ر١ متر من الرشاشات وبعد ذلك توضع العلب على رؤس المربعات على مسافات ٣ متر . والشكل الموضح هو لمسافات ١٨ × ١٢ متر (١٨ متر بين الخطوط - ١٢ متر بين الرشاشات)



طريقة وضع العلب لتقييم توزيع المياه حقليا في الري بالرش النقالي والثابت

٢- شغل نظام الرى بالرش لمدة زمن الرى العادية لكل وضع لخط الرش بمعنى إذا كان زمن ١ ساعة فإن الوضع الأول للخط يترك لمدة ساعة ثم ينتقل الى الوضع الثانى ويشغل لمدة ساعة أيضا وذلك فى حالة نظام الرى بالرش المتنقل يدويا أو المتحرك على عجل أما فى حالة الرى بالرش الثابت فإن الخطين الثابتين يشغلان فى نفس الوقت لمدة ساعة.

٣- يتم قياس التصرف الخارج من كل رشاش فى منطقة الاختبار مستخدما خرطوم وساعة توقيت وجردل. بأن يتم توجيه المياه الخارجة من فوهة الرشاش الى الجردل وتجميع حجم المياه فى زمن معين ثم نقسم الحجم على الزمن للحصول على التصرف الخارج من الرشاش وذلك للفوهتين إذا كان الرشاش ذو فوهتين .

٤- أستخدام مقياس ضغط مزود بأنبوبة رفيعة خطافية لقياس الضغط عند فوهة الرشاش وذلك عند أول رشاش على خط الرش وكذلك عند الرشاش المستخدم فى التجربة وكذلك عند آخر رشاش على الخط.

٥- بعد أن يتم تشغيل خط الرش فى الوضعين زمن الرى العادى يتم إيقاف الرش وقياس حجم المياه المتجمعة فى كل علبة بالملليلتر بواسطة مخبار مدرج ويتم تحويل هذا الحجم الى عمق المياه بالملى وذلك على مساحة فتحة العلبة أو يتم قياس عمق مياة الرى مباشرة داخل العلبة فى حالة إذا كانت العلبة جدرانها عمودية على القاعدة كما فى حالة علب زيت المحرك وليست مسلوبة كما فى حالة علبة الكوكاكولا.

بعد إجراء هذه التجربة فإن الخطوة التالية هيتحليل هذه المعلومات ووضعها فى صورة عملية للأستفادة منها. ومثال ذلك كما يلى:- فى نظام رى بالرش اليدوى HAND MOVE كان زمن الرى ٣ ساعات لكل وضع لخط الرش وكان تصرف الرشاش فى منطقة التجربة ٨ر٢ متر^3 /س ، ٣م^3/س - ولهذا فإن التصرف المتوسط للرشاش ٩ر٢ م^3/س - وكانت المسافات ١٨ × ١٢ متر ومن هذه المعلومات يمكن حساب عمق ماء الرى الأجمالى المضاف كالآتى:

عمق الرى = (تصرف الرشاش (م^3 /ساعة) × زمن الرى (س))/(مساحة خدمة الرشاش م٢)

= (٩ر٢ × ٣ × ١٠٠٠) /(١٨ × ١٢) = ٣ر٤٠ مم

وكان عمق الماء المتجمع فى العلب كما فى الجدول التالى :

٤٣	٤١	٣٦	٣٤	٤٢	٤٤
٣٩	٣٦	٣٠	٣٠	٣٦	٤١
٣٧	٣٤	٣١	٣٥	٣٥	٣٨
٤٠	٣٧	٣٠	٣٣	٣٨	٤٠

وبذلك يكون مجموع أعماق المياه المتجمعه فى العلب ٨٨١ مم .
ويكون متوسط عمق الماء المتجمع = ٨٨١ /٢٤ = ٧ر٣٦ مم . ويتضح من ذلك أن عمق الماء المضاف من الرشاشات هو ٣ر٤٠ مم يصل الى سطح التربة ٧ر٣٦ مم وأن الباقى وهو ٦ر٣ مم ويمثل ٩% من عمق المياه المضاف اما قد قد تم تبخره أو أنجرافه مع الرياح . وكان أقل عمق مياه يصل الى سطح الأرض هو ٣٠ مم وأقصى عمق مياه مقداره ٤٤ مم. مع العلم بأن عمق ماء الرى المتوسط المضاف من الرشاش هو ٣ر٤٠ مم.
ويمكن حساب كفاءة اضافة المياه وذلك بحساب متوسط أقل ستة أعماق مياه (٢٥% من عدد العلب الكلى وهو ٢٤) وقسمتها على متوسط عمق الماء المضاف من الرشاش كالاتى :

$$\text{كفاءة اضافة المياه} = \frac{\frac{34+33+31+30+30+30}{6}}{40.3} = \frac{31.3}{40.3} = 77\%$$

أى أن كفاءة اضافة المياه ٧٧% وعلى فرض أن أستهلاك المحصول من المياه ٨ مم فى اليوم وبأستخدام كفاءة اضافة المياه المتحصل عليها فإن المطلوب عمق مقداره = ٨/٧٧ر. = ١٠ مم يوميا.

وبطريقة أخرى لحساب ذلك فإن عند اضافة ٣ر٤٠ مم فإن ٣ر٣١ مم فقط هى المتاحة لاستهلاك النبات فى ربع المساحة المرويه. وعند معدل استهلاك مائى يومى ٨ مم فى اليوم فإن الحقل يروى كل = ٣ر٣١ ÷ ٨ = ٤ يوم.
ومن الخطأ حساب الفترة بين الريات على أساس عمق ماء الرى المضاف كالاتى

= ٣ر٤٠ ÷ ٨ = ٥ يوم.

ومن واقع معرفة أعماق المياه فىعلب القياس يمكن معرفة كفاءة توزيع المياه وذلك من حساب معامل الانتظام Cu حيث :

$$Cu = (1 - \frac{\Sigma|X-m|}{n.m})\ 100$$

معامل الانتظام = ١٠٠ (١- (مجموع الأنحرافات المطلقة لاعماق المياه عن متوسط الماء المتساقط) / (متوسط عمق الماء المتساقط × عدد علب التجميع المستعمله).

حيث أن:

m = متوسط عمق الماء المتساقط.

n = عدد علب التجميع المستعمله.

x = قيم عمق الماء فى العلبه الواحدة.

وبالطبع كلما أقترب معامل الأنتظام من ١٠٠ فإن ذلك يدل على كفاءة التصميم والأختيار الموفق لظروفه وعموما فإنه إذا كان معامل التوزيع حوالى ٨٠% يعتبر التصميم جيدا وبالطبع كلما قلت المسافات بين النباتات كلما وجب أن يكون معامل الأنتظام أعلى من ذلك. ومن العوامل التى تقلل من قيمة الأنتظام حركة الرياح وعدم أنتظام دوران الرشاش أو أنحرافه وفى حالة المثال السابق فإن معامل الأنتظام يحسب كالآتى :-

أولا: نحسب مجموع الأنحرافات المطلقة عن المتوسط بأن نطرح قيمة المتوسط وهو ٧ر٣٦ من قيمة كل قراءة لعمق المياه فى العلب ويكون الناتج كالآتى وذلك دون الألتفات الى الاشارة.

٣ر٧	٣ر٥	٧ر٢	٧ر.	٣ر٤	٣ر٦
٣ر٤	٧ر.	٧ر٦	٧ر٦	٧ر.	٣ر٢
٣ر١	٧ر١	٧ر١	٧ر٥	٧ر٢	٣ر.
٣ر٣	٣ر١	٧ر٣	٧ر٦	٣ر.	٣ر٤

وبجمع قيمة الانحرافات السابقة عن المتوسط ينتج = ٨١ وبالتطبيق فى المعادلة فإن

$$cu = (1 - \frac{81}{24 \times 36.7}) = 90.8\%$$

وهذه بالطبع قيمة جيدة لمعامل الأنتظام.

١٢

تصميم نظم الري بالرش

Sprinkler Irrigation Systems Design

خطوات تخطيط وتصميم نظم الرى بالرش الثابت والمتنقل

١- تحديد أقصى معدل رش يمكن استخدامه تبعاً لقوام التربة وحالة سطحها وانحدارها.

فى الرى بالرش يجب ألا يتعدى معدل الرش application rate من الرشاشات معدل تسرب المياه فى التربة (نفاذية التربة) infiltration rate وذلك حتى لا يحدث جريان سطحى Run-off يتسبب فى انخفاض كفاءة توزيع المياه. ولهذا فعند تصميم نظم الرى بالرش يجب مراعاة ذلك والجدول التالى يوضح أقصى معدل رش يمكن استخدامه Maximum precipitation rates to use بالمم/س تبعا لقوام التربة وذلك

لتربة مكشوفة bare بدون غطاء نباتى cover وأيضا لتربة مستوية بدون انحدار.

قوام التربة		أقصى معدل رش مم/س
تربة رملية خفيفة	Light sandy soils	١٠ – ٢٠ مم/س
تربة متوسطة القوام	Medium textured soils	٥ – ١٠ مم/س
تربة ثقيلة القوام	Heavy textured soils	٢,٥ – ٥ مم/س

ويلاحظ أنه فى حالة التربة ذات الغطاء النباتى cover يمكن زيادة هذا المعدل ليصل إلى الضعف فى بعض الأحيان.

أما تأثير انحدار التربة فهو تخفيض هذا المعدل كما يلى:

انحدار	صفر – ٥%	تخفيض صفر
انحدار	٦ – ٨%	تخفيض ٢٠%
انحدار	٩ – ١٢%	تخفيض ٤٠%
انحدار	١٣ – ٢٠%	تخفيض ٦٠%
انحدار	أكبر من ٢٠%	تخفيض ٧٥%

٢- تبعا لسرعة الرياح السائدة فى المنطقة تحدد نسبة المسافة بين الرشاشات إلى قطر دائرة الابتلال للرشاشات (التداخل)

سرعة الرياح السائدة (كم/س)	$\frac{S_m}{WD}$	$\frac{S_\ell}{WD}$
صفر – ٨	٦٠%	٦٥%
٨ – ١٦	٥٠%	٥٠%
أكبر من ١٦	٣٥%	٥٠%

حيث: s_m: المسافة بين الرشاشات على خط الرش Lateral line

s_ℓ: المسافة بين خطوط الرش على الخط الرئيسى Main line

WD: قطر دائرة الابتلال للرشاش Sprinkler wetted diameter

وفى أغلب الأحيان نقوم بالتصميم على أساس ٠,٥٠ من قطر دائرة الابتلال أى أن المسافات بين الرشاشات = نصف قطر دائرة الابتلال للرشاش ويطلق على هذه القاعدة Head to Head أى يحدث تداخل كامل بن دوائر ابتلال الرشاشات. كما أنه يجب التنبه إلى أن جداول قطر دائرة الابتلال التى تنشرها الشركات المصنعة للرشاشات هى عند سرعة رياح صفر حيث يجرى اختبار الرشاش داخل المعمل indoor وليس فى الحقل.

٣- نختار المسافات بين الرشاشات

وحيث ان طول قطع المواسير القياسية ٦ متر وفى بعض الأنواع ٣، ٦، ٩، ١٢ متر. فإن المسافات غالبا تكون مضاعفات ٣ متر لكى لا تقع بعض الرشاشات مكان الوصلات بين المواسير. وإليك بعض المسافات المتبعة.

٦ × ٦م - ٦ × ٩م - ٩ × ٩م - ٩ × ١٢م - ١٢ × ١٢م - ١٢ × ١٥م - ١٢ × ١٨م - ١٥ × ١٥م - ١٥ × ١٨م - ١٨ × ١٨ م - ١٨ × ٢٤م - ٢٤ × ٢٤م.

والمسافات الصغيرة هى للرشاشات الصغيرة وكلما زادت المسافات يجب استخدام رشاشات كبيرة كما سوف يتم توضيحه.

وقد تصل المسافات فى الحدائق والمسطحات الخضراء إلى ٣ × ٣م وأيضا قد تصل فى الرشاشات العملاقة Gun إلى ٤٢ متر وأيضا إلى ٦ متر.

٤- نختار قطر دائرة الابتلال للرشاش المطلوب

وذلك من الخطوة رقم ٢ ورقم ٣. فمثلاً إذا قمنا باختيار مسافات ١٢ × ١٥م وكانت سرعة الرياح السائدة ٥ كم/س فإن نسبة التداخل تكون ٠,٦٠ – ٠,٦٥ كما يلى:

$$WD = \frac{12}{0.60} = 20\ m$$

$$WD = \frac{12}{0.65} = 23\ m$$

وبذلك نختار قطر الابتلال الأكبر وهو ٢٣ متر.

٥- نحسب تصرف الرشاش المطلوب

بمعلومية معدل الرش من الخطوة رقم ١ والمسافات بين الرشاشات من الخطوة رقم ٤ نحسب تصرف الرشاش كما يلى:

$$q = \frac{s_\ell \times s_m \times I}{1000}$$

حيث: q : تصرف الرشاش (م^3/س)

I : معدل الرش (مم/س)

$s_\ell . s_m$: المسافات بين الرشاشات بالمتر

فعند اختيار معدل الرش نجد أن التربة الخفيفة أقصى معدل رش لها يتراوح بين ١٠ – ٢٠ مم/س وذلك تبعا لقوام التربة فمثلاً الرقم ٢٠ مم/س يكون للتربة الرملية الخشنة أما التربة الرملية الناعمة والتى يوجد بها بعض الحمرة أو الطفلة فيجب أن الرقم الأصغر وهو ١٠ مم/س فعلى فرض أننا اخترنا معدل رش ١٠ مم/س فإن تصرف الرشاش المطلوب يكون:

$$q = \frac{12 \times 15 \times 10}{1000} = 1.8\ m^3/h$$

٦- نختار من الكتالوجات الرشاش الذى يعطى التصرف المطلوب وقطر دائرة الابتلال المطلوبة ومن ذلك نحدد قطر فوانى الرشاش وزاوية القذف للرشاش وضغط التشغيل

تقوم الشركات المصنعة للرشاشات بطبع جداول تحدد فيها مواصفات الرشاشات ومعدل أدائها. لذلك سوف نلخص هنا الرشاشات الشائعة الاستخدام

أ- رشاشات صغير (٠,٥٠ بوصة) 20 H-RB

وهى رشاشات دوارة تحتوى على فونية واحدة توضع على مسافات صغيرة ٦ أو ٩ متر وهى قلما تستخدم فى الزراعات الحقلية بل تستخدم فى الصوب Green houses والحدائق والمسطحات الخضراء ومقاومة الصقيع Frost protection. وزاوية القذف لها ٢٣ درجة وتوصل بقائم رشاش ٢/١ بوصة ولها سن خارجى NPT male وهذه الرشاشات قد تكون نحاسية أو بلاستيك وقد تلف الدائرة الكاملة Full circle أو جزء من الدائرة Part circle ومواصفاتها كما فى الجدول التالى:

20 H - 1/2 inch

Pressure Bars	Nozzle 2.4 mm (3/32 in)		Nozzle 2.8 mm (7/64 in)		Nozzle 3.2 mm (1/8 in)	
	Flow m^3/h	Rad. m	Flow m^3/h	Rad. m	Flow m^3/h	Rad. m
1.5	0.27	10.5	0.37	11.1	0.48	11.2
2.0	0.31	10.8	0.42	11.4	0.55	11.6
2.5	0.35	11.1	0.47	11.6	0.62	11.8
3.0	0.38	11.3	0.52	11.8	0.68	12.0
3.5	0.41	11.4	0.56	11.9	0.73	12.1
4.0	0.44	11.5	0.60	12.0	0.78	12.3

ويلاحظ دائما أن هذه المواصفات عند سرعة رياح صفر ويصل فيها ارتفاع الرش إلى ١,٨ متر وعند ارتفاع لقائم الرشاش riser height ٧٦ سم (٣٠ بوصة) وينصح المصنع أن لا يقل ضغط التشغيل عن ٢ بار حتى تحصل على توزيع مياه أفضل

ب- رشاشات متوسطة (٠,٧٥ بوصة) 30 H-RB

هذا الرشاش شائع الاستخدام فى الزراعات الحقلية ويستخدم لنظام الرى بالرش الثابت والمتنقل سواء باليد أو على عجل وزاوية القذف له ٢٧ درجة وجسم الرشاش ٤/٣ بوصة ومسنن خارجيا male NPT ويصنع من النحاس وقد يصنع من البلاستيك ليستخدم فى الرش الثابت. ويوضع على مسافات ١٢ × ١٢ متر أو ١٢ × ١٥ متر ويصنع بفونيتين واحدة صغيرة تسمى بفوهة المدى Range وأخرى كبيرة تسمى بفوهة الانتشار spreader وهى المسئولة عن تحريك الرشاش. ويصل ارتفاع الرش من الرشاش عند أقصى مدى إلى ٢,٧ متر وقد توصى الشركات المصنعة بأن لا يقل ضغط التشغيل عن ٣ بار للحصول على توزيع جيد للمياه من الرشاش. والجدول التالى يوضح أداء الرشاش.

30 H-RB

Pressure Bars	Nozzle 4.8 × 2.4 mm 3/16″ × 3/32″	
	Flow m^3/h	Rad. m
2.0	1.65	13.5
2.5	1.74	14.2
3.0	1.90	14.7
3.5	2.05	15.1
4.0	2.19	15.4
4.5	2.32	15.6
5.0	2.45	15.7
5.5	2.57	15.8

جـ- رشاشات كبيرة (١ بوصة) 70 CWH-RB

هذا الرشاش شائع الاستخدام فى الزراعات الحقلية ويستخدم لنظام الرى بالرش الثابت والمتنقل سواء باليد أو على عجل وزاوية القذف له ٢١ درجة وجسم الرشاش ١ بوصة ومسنن من الداخل female NPT ويصنع من النحاس للرش المتنقل ومن البلاستيك لنظم الرش الثابت ويوضع على مسافات ١٥ × ١٨ أو ١٨ × ١٨م أو ١٨ × ٢٤م. ويصنع بفونيتين صغيرة بقطر ٣,٢ مم وكبيرة بقطر ٧,١ مم أو ٦,٤ مم. ويصل ارتفاع الرش من الرشاش عند أقصى مدى إلى ٢,٤ متر وقد توصى الشركات المصنعة بأن لا يقل ضغط التشغيل عن ٣,٥ – ٤ بار للحصول على توزيع مياه جيد من الرشاش. والجدول التالى يوضح أداء الرشاش

70 CWH-RB

Pressure Bars	Nozzle 6.4 × 2.4 mm 1/4″ × 1/8″		Nozzle 7.1 × 3.2 mm 9/32″ × 1/8″	
	Flow m^3/h	Rad. m	Flow m^3/h	Rad. m
3.0	3.39	18.5	4.08	19.3
3.5	3.66	19.1	4.39	19.9
4.0	3.91	19.6	4.69	20.5
4.5	4.15	20.0	4.98	21.0
5.0	4.39	20.5	5.26	21.5
5.5	4.62	20.9	5.54	21.9

د- رشاشات مدفعية (١,٢٥ بوصة) 85 EPSH-RB

تستخدم هذه الرشاشات للمحاصيل الحقلية ومحاصيل الأعلاف وتستخدم لنظم الرى بالرش الثابت والمتنقل وأيضا لنظام الرش المحورى والطولى وزاوية القذف له ٢٧ درجة لجسم الرشاش وذو سن الخارجى male NPT ويوضع على مسافات ٢٤ × ٢٤م أو قد تزيد وتوصى الشركات المصنعة بأن لا يقل ضغط التشغيل عن ٥ بار وقد يصنع ليلف جزء من الدائرة Part-circle.

85 EPSH-RB

Pressure Bars	Nozzle 9.5 × 5.6 mm 3/8″ × 7/32″		Nozzle 10.32 × 5.6 mm 13/32″ × 7/32″	
	Flow m^3/h	Rad. m	Flow m^3/h	Rad. m
2.0	6.45	19.9	7.23	20.6
2.5	7.23	21.2	8.10	22.0
3.0	7.94	22.3	8.90	23.2
3.5	8.60	23.3	9.64	24.2
4.0	9.22	24.1	10.33	25.1
4.5	9.81	24.9	10.99	25.9
5.0	10.38	25.6	11.62	26.6
5.5	10.92	26.3	12.22	27.2
6.0	11.44	26.9	12.81	27.8

هـ- رشاشات مدفعية (٢ بوصة) 102 EHM-RB

وتستخدم هذه الرشاشات المدفعية Rain Gun Sprinkler فى الرشاش المدفعى المتحرك وفى نهاية جهاز الرى بالرش المحورى وفى الرش الثابت والمتنقل (نصف ثابت) أى تتنقل فيه الرشاشات فقط وليس خطوط الرش. توضع هذه المدافع على مسافات ٣٠ متر فأكثر كأن تكون ٣٠ × ٤٠ متر مثلا. وتستخدم للمحاصيل الحقلية ومحاصيل الأعلاف أساسا. وتحتاج إلى ضغط تشغيل مرتفع حيث أن قطر الفونية يصل إلى ٢٠ مم (١,٨ بوصة) أو ١ بوصة ٢٥ مم وقد يكون التسنين فيها داخلى female NPT – ٢ بوصة وزاوية القذف ٢٣ درجة وتختبر الشركات هذه المدافع على قوائم Riser height ارتفاعها ١,٥ متر (٥ قدم). وجدول أدائها كما يلى:

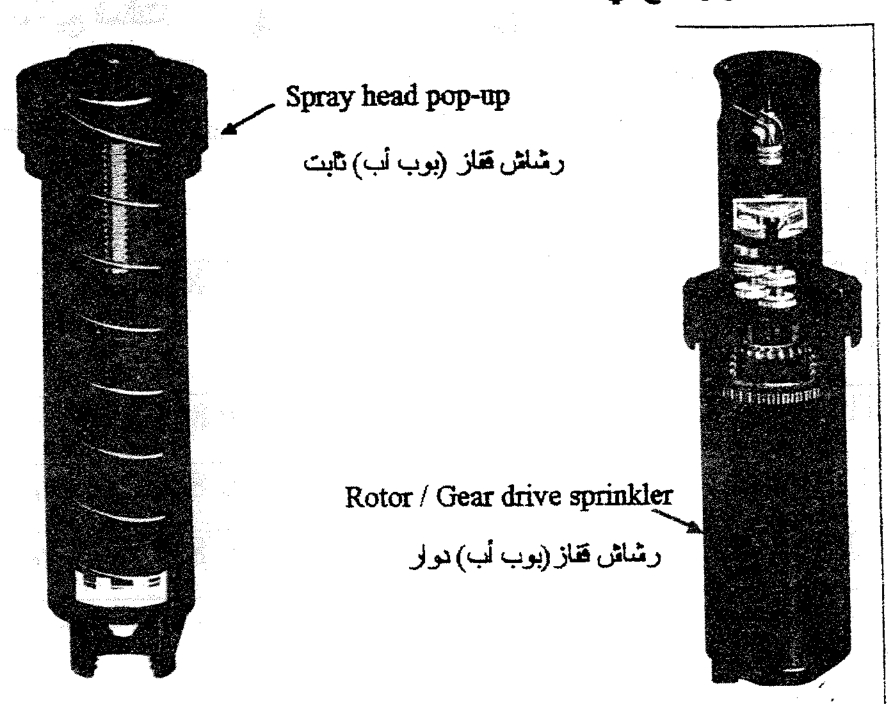
102 HM-RB – Rain Gun – 2 in

Pressure Bars	Nozzle 20 mm 0.8″		Nozzle 25 mm 1.0″	
	Flow m^3/h	Rad. m	Flow m^3/h	Rad. m
2.0	22.6	28.1	35.8	29.7
3.0	27.6	34.8	43.4	38.0
4.0	31.8	39.9	49.9	44.7
5.0	35.5	43.9	55.6	50.3
6.0	38.9	47.1	61.0	54.9
7.0	42.0	49.6	66.0	58.7

و – رشاشات الحدائق والمسطحات الخضراء Pop-up sprinklers

تقسم رشاشات المسطحات الخضراء **Landscaping** الي نوعين حسب طريقة عملها الي رشاش ثابت أو رذاذي Spray Head ورشاش دوار Rotor . والرشاش المتحرك أو الدوار دائما يقوم برش دائرة أبتلال أكبر من الرشاش الثابت حيث أن الرشاش الثابت يعتمد في تفتيته لتيار المياه علي اصطدامه بقرص ثابت وبالتالي فضغط تشغيلة أقل أما الرشاش المتحرك فيستخدم ضغط المياه أولا في تفتيت تيار المياه بفعل مقاومة الهواء والطرد المركزي وثانيا في حركة الرشاش حيث يصطدم تيار المياه الخارج من فتحة الرشاش بمطرقة hammer تتسبب في تحريكه مع ياي لمعاودة الحركة. ويوجد بعض الرشاشات الدوارة التي تستخدم في المسطحات الخضراء Rotor تلف بواسطة تروس بلاستيكية داخل الرشاش بفعل ضغط المياه أيضا والبعض الأخر يلف بأستخدام المطرقة والياي كما في الرشاشات الزراعية وتسمي الرشاشات الدوارة Impact or Rotating Sprinklers . ورشاشات المسطحات الخضراء قد تكون فوق سطح الأرض وقد تكونُ من النوع القفاز Pop-up حيث يكون الرشاش مدفون تحت سطح الأرض في حالة عدم الري

وعند الري يتسبب ضغط المياه في الضغط علي الياي ورفع الرشاش فوق سطح الأرض أثناء الرش فقط وعلي ذلك لا يكون الرشاش عائق سواء أثناء عمليات الخدمة الميكانيكية كقص النجيل وخلافه أو في الملاعب بالأضافة الي الشكل الجمالي. وتصمم رشاشات المسطحات الخضراء بحيث يمكنها رش الأشكال المختلفة كما هو واضح في الشكل.



حساب معدل الرش Precipitation rate (I)

يحسب معدل الرش من المعادلة العامة التالية:-

$$I = \frac{1000 \times q}{A}$$

حيث I معدل الرش مم /ساعة

q = تصرف الرشاش م٣/ س

A = مساحة الخدمة م٢

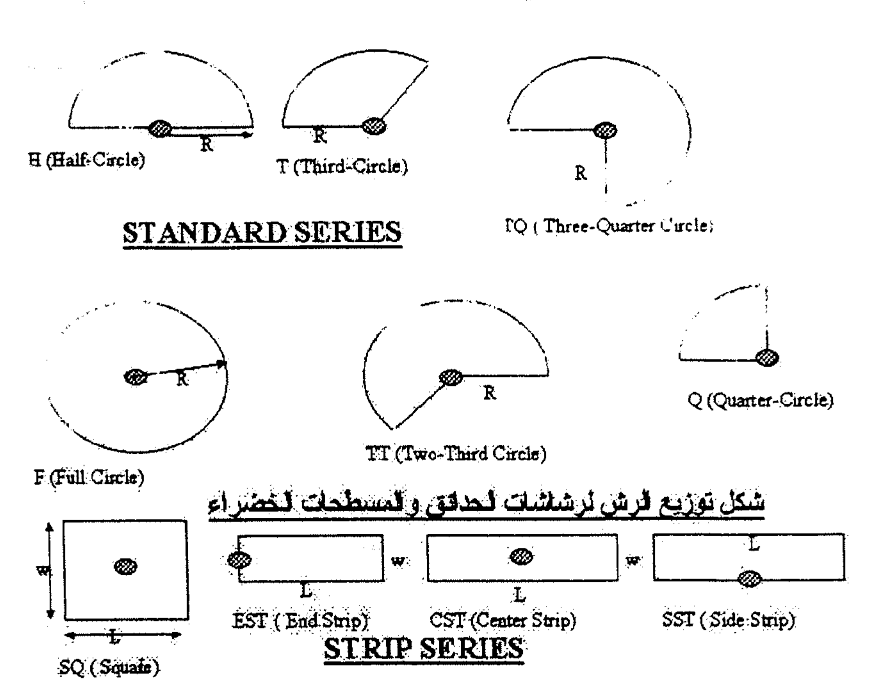
ومساحة الخدمة A تتغير حسب توزيع الرشاشات ويمكن تلخيصها كما في الجدول التالي حسب التعريفات السابقة

نوع الرشاش	مساحة الخدمة A	
	التوزيع المربع ■	التوزيع المثلث ▲
F (Full Circle)	R^2	$0.866\ R^2$
TQ (Three-Quarter Circle)	$R^2 \times 3/4$	$0.866\ R^2 \times 3/4$
TT (Two – Third Circle)	$R^2 \times 2/3$	$0.866\ R^2 \times 2/3$
H (Half – Circle)	$R^2 \times 1/2$	$0.866\ R^2 \times 1/2$
T (Third – Circle)	$R^2 \times 1/3$	$0.866\ R^2 \times 1/3$
Q (Quarter – Circle)	$R^2 \times 1/4$	$0.866\ R^2 \times 1/4$
SQ (Square)	$\frac{W}{2} \times \frac{L}{2}$	----------------
EST (End Strip)	$W \times \frac{L}{2}$	----------------
CST (Center Strip)	$W \times \frac{L}{2}$	----------------
SST (Side Strip)	$W \times \frac{L}{2}$	----------------

يلاحظ أن المسافات بين الرشاشات S تساوي نصف قطر الرش R أي أن التغطية كاملة

W = عرض التغطية Width of coverage pattern

L = طول التغطية وذلك لنوع الرشاشات التي تعطي رش مستطيل الشكل Strip Series, ونلاحظ هنا أن جداول الأداء لهذه الرشاشات تقوم بتعديل التصرف بطريقة تلقائية حتي تحافظ علي معدل رش ثابت فمثلا إذا كان الرشاش يرش دائرة كاملة وتصرفه ٠,٤٨ م٣/س فأن الرشاش الذي يرش نصف الدائرة تصرفه ٠,٢٤ م٣/س والذي يرش ربع الدائرة تصرفه ٠,١٢ م٣/س وهكذا لأن نصف قطر الأبتلال للرشاش سواء كان دائرة كاملة أو نصف دائرة واحد فهو في هذا المثال ٣ متر عند ضغط ١,٥ بار ويساوي ٣,٦ متر عند ٢ بار، أي يعتمد علي ضغط تشغيل الرشاش وحيث أن المسافة بين الرشاشات تساوي نصف قطر الرش سواء كان التوزيع مربع أو مثلث



شكل توزيع الرش لرشاشات الحدائق والمسطحات الخضراء

ويوجد قاعدة تقريبية للرشاش الدوار Rotor تنص علي أن أقصي مسافة بين الرشاشات بالقدم تساوي ضغط التشغيل بالباوند علي البوصة المربعة فمثلا إذا كان ضغط التشغيل 30 psi فأن نصف قطر البلل = ٣٠ قدم.

وأرتفاع الرقبة للرشاشات القفازة pop-up height يجب أن يلائم أرتفاع النبات فقد يكون ١٠ سم – ١٥ سم أو ٣٠ سم. وهذا النوع من الرشاشات يكون له سن داخلي نصف بوصة femal thread inlet ويوجد منه أيضا ما هو مزود بمنظم ضغط pressure regulating .

بالرجوع مرة أخرى إلى المثال السابق فى لختيار الرشاش بتصرف ١,٨ م^٣/س نجد أن الرشاش المتوسط (٠,٧٥ بوصة) H-RB 30 بفوانى ٤,٨ × ٢,٤ مم وزاوية قذف ٢٧ درجة يعطى تصرف ١,٧٤ م^٣/س عند ضغط ٢,٥ بار ولكن المطلوب هو تصرف ١,٨ م^٣/س لذلك فإن زيادة ضغط التشغيل قليلا سوف يعطى التصرف المطلوب وهو ١,٨ م^٣/س وأن هذا الرشاش يعطى قطر دائرة ابتلال ٢٨,٤ درجة والمطلوب هو ٢٣ متر فهذا يعطى المطلوب أيضا ولذلك نستخدم العلاقة الآتية لإيجاد ضغط التشغيل المطلوب

$$q = C A \sqrt{P}$$

$$\therefore \frac{q_1}{q_2} = \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}$$

حيث: q : تصرف الرشاش.

P : ضغط تشغيل الرشاش.

C : معامل التصرف.

A : مساحة مقطع الفونية.

$$\frac{1.74}{1.8} = \sqrt{\frac{2.5}{P_2}}$$

$$P_2 = 2.675 = 2.7 \text{ bar}$$

وبذلك فإن الرشاش يعطى تصرف ١,٨ م^٣/س عند ضغط تشغيل ٢,٧ بار.

جدول أداء رشاش بوب أب دوار Rotor Pop-up sprinkler

R-50/R-50 SAM — **METRIC**

Performance with Rain Curtain Nozzles

Pressure Bars	Nozzle	Radius m	Flow m³/h	Flow l/s	*Precip.■ mm/h	*Precip.▲ mm/h
2,0	• 1.5	8,35	0,39	0,11	11	11
	• 2.0	8.78	0,46	0,13	12	11
	• 3.0	9,88	0,68	0,19	14	13
	4.0	10,18	0,92	0,26	18	17
	• 6.0	11,22	1,33	0,37	21	20
2,5	• 1.5	8,54	0,44	0,12	12	12
	• 2.0	9.15	0,51	0,14	12	12
	• 3.0	10,10	0,76	0,21	15	14
	4.0	10,36	1,02	0,28	19	18
	• 6.0	11,66	1,50	0,42	22	21
3,0	• 1.5	8,54	0,49	0.14	13	13
	• 2.0	9.15	0,58	0.16	14	13
	• 3.0	10,32	0,85	0.24	16	15
	4.0	10,36	1,14	0,32	21	20
	• 6.0	12,11	1,63	0,45	22	21
3,5	• 1.5	8,54	0,53	0,15	14	14
	• 2.0	9,15	0,63	0.18	15	14
	• 3.0	10,36	0,90	0,25	17	16
	4.0	10,36	1,24	0,34	23	22
	• 6.0	12,19	1,76	0,49	24	23
4,0	• 1.5	8,54	0,56	0,16	15	15
	• 2.0	9,15	0,67	0,19	16	15
	• 3.0	10,36	0,96	0,27	18	17
	4.0	10,36	1,35	0,37	25	24
	• 6.0	12,19	1,89	0,53	25	24

جدول أداء رشاش قفاز spray head شكل الرش دائري

12 SERIES 30° trajectory — **METRIC**

Nozzle	Pressure Bars	Radius m	Flow m³/h	Flow l/s	Precip.■ mm/h	Precip.▲ mm/
12F	1,0	2,7	0,41	0,11	54	63
	1,5	3,0	0,48	0,13	51	59
	2,0	3,6	0,59	0,16	44	51
12TQ	1,0	2,7	0,31	0,08	54	63
	1,5	3.0	0,36	0.10	51	59
	2,0	3,6	0,44	0,12	44	51
12TT	1,0	2,7	0,27	0,08	54	63
	1,5	3.0	0,32	0,09	51	59
	2,0	3,6	0,40	0,11	44	51
12H	1,0	2,7	0,20	0,06	54	63
	1,5	3,0	0,24	0,07	51	59
	2,0	3,6	0,30	0,08	44	51
12T	1,0	2,7	0,14	0,04	54	63
	1,5	3,0	0,16	0,04	51	59
	2,0	3,6	0,20	0,14	44	51
12Q	1,0	2,7	0,13	0,04	54	63
	1,5	3,0	0,15	0,04	51	59
	2,0	3,6	0,18	0,05	44	51

جدول أداء رشاش فاز ثابت (شكل الرش مستطيل Strip)

15 — STRIP SERIES 30° trajectory — **METRIC**

Nozzle	Pressure Bars	W x L m	Flow m³/h	Flow l/s	Precip.■ mm/h	Precip.▲ mm/h
15SQ*	1,0	5,5 x 5,5	0,61	0,17	81	-
	1,5	5,8 x 5,8	0,69	0,19	83	-
	2,0	7 x 7	0,85	0,24	69	-
15EST	1,0	1,2 x 4	0,10	0,03	41	-
	1,5	1,2 x 4,2	0,11	0,03	44	-
	2,0	1,2 x 4,5	0,14	0,04	49	-
15CST	1,0	1,2 x 8	0,20	0,06	41	-
	1,5	1,2 x 8,5	0,23	0,06	44	-
	2,0	1,2 x 9	0,27	0,08	49	-
15SST	1,0	1,2 x 8	0,20	0,06	41	-
	1,5	1,2 x 8,5	0,23	0,06	44	-
	2,0	1,2 x 9	0,27	0,08	49	-
9SST(17SST)	1,0	2,7 x 4,5	0,30	0,08	49	-
	1,5	2,7 x 4,8	0,33	0,09	50	-
	2,0	2,7 x 5,5	0,39	0,11	52	-

W = Width of coverage pattern
L = Length of coverage pattern
*Square nozzle spacing based on head-to-head throw.

مثال:

المطلوب تخطيط نظام رى بالرش النقالى لقطعة أرض مستوية أبعادها ٢١٦ × ٢١٦ متر والتربة بها رملية خفيفة القوام والمحصول تتعمق جذوره ٦٠ سم وأقصى استهلاك مائى يومى ٦ مم/يوم وسرعة الرياح السائدة ١٠ كم/س وأقصى ساعات تشغيل يومى ١٥ ساعة. مع فرض أن كفاءة إضافة المياه ٨٠%. مع تحديد الآتى:

١- اختيار الرشاش الملائم.
٢- تحديد عدد الرشاشات المطلوبة.
٣- تحديد عدد خطوط الرش.
٤- تخطيط الشبكة.
٥- تحديد سعة المضخة المطلوبة.

الحل

حيث أن التربة خفيفة فإن أقصى معدل رش يتراوح بين ١٠ – ٢٠ مم/س سوف نأخذ المتوسط $I = 15$ mm/hr .

من أبعاد الحقل ٢١٦ × ٢١٦ متر نجد أن الحقل مربع ومستوى لذلك سوف نفترض أن الخط الرئيسى يمر بمنتصف الحقل وعلى ذلك فإن طول خط الرش يساوى نصف طول الحقل أى ١٠٨ متر ونجد أن ١٠٨ متر هى مضاعفات المسافة ١٨ متر لذلك نختار مسافات ١٨ متر بين الرشاشات وحيث أن الحقل مربع فسوف نختار مسافات مربعة أى ١٨ × ١٨ متر وبذلك تصرف الرشاش المطلوب يساوى

$$q = \frac{s_\ell \times s_m \times I}{1000} = \frac{18 \times 18 \times 15}{1000} = 4.86 \text{ m}^3/\text{h}$$

وحيث أن سرعة الرياح السائدة ١٠ كم/س فإن نسبة مسافات الرشاشات إلى قطر دائرة الابتلال تساوى ٠,٥٠ أى أن:

$$WD = \frac{s_\ell}{0.5} = \frac{18}{0.5} = 36 \text{ m}$$

ولذلك نختار الرشاش RB70 (١ بوصة) وفوانى ٧,١ × ٣,٢ مم ويعطى تصرف ٤,٦٩ م³/س عند ضغط ٤ بار وللحصول على تصرف ٤,٨٦ م³/س نجد أن:

$$\frac{4.86}{4.69} = \sqrt{\frac{P}{4}} \qquad \therefore\ P = 4.3 \text{ bar}$$

أى أن ضغط تشغيل الرشاش ٤,٣ بار ويعطى تصرف ٤,٨٦ م³/س وقطر دائرة الابتلال ٤١ متر والمطلوب ٣٨ متر.

نحسب عمق ماء الرى الصافى

$$d_n = AW \times D \times depletion$$

$$= 80\ mm/m \times 0.6\ m \times 0.50 = 24\ mm$$

نحسب أقصر فترة بين الريات تستخدم فى التصميم

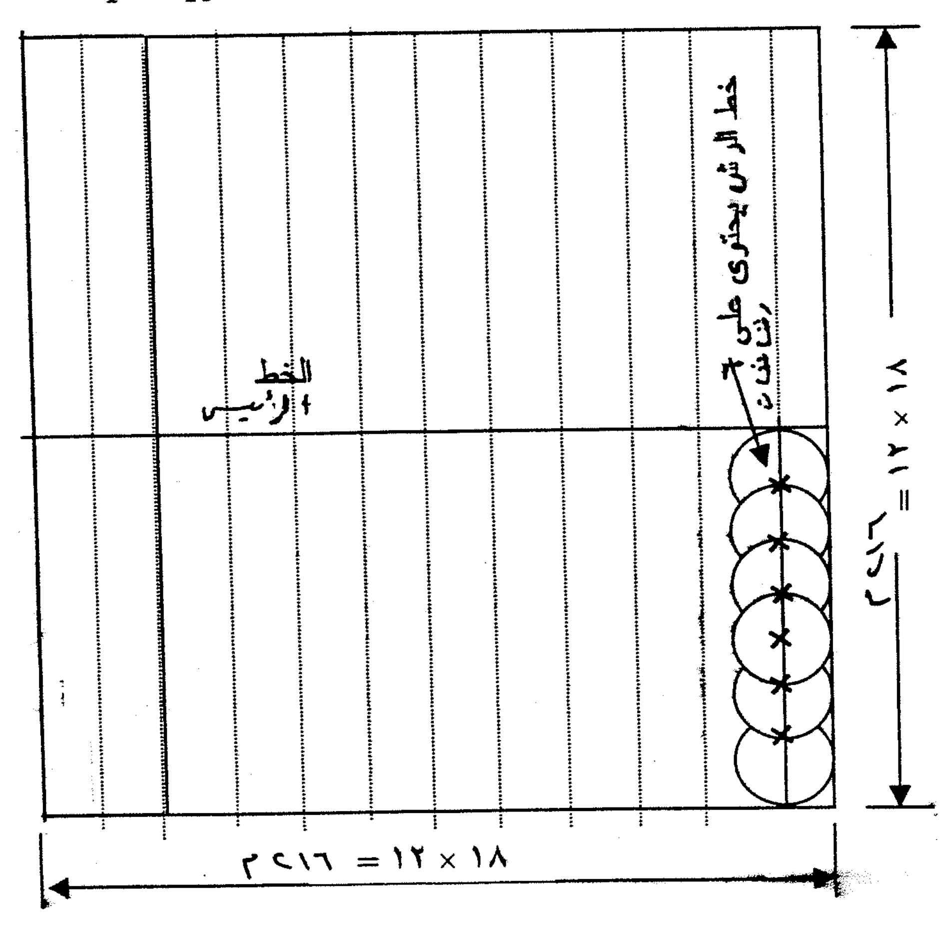
$$F = \frac{d_a}{ET_c} = \frac{24}{6} = 4\ days$$

نحسب عمق ماء الرى الإجمالى

$$d_g = \frac{d_a}{E_a} = \frac{24}{0.8} = 30\ mm$$

نحسب زمن الرى

$$t_i = \frac{d_g}{I} = \frac{30}{15} = 2\ hours$$



زمن الرى ٢ ساعة + ٠,٥ ساعة فك ونقل وتركيب

عدد النقلات لخط الرش = ١٥ ساعة / ٢,٥ ساعة = ٦ نقلات فى اليوم.

عدد النقلات خلال الفترة بين الريات = ٦ نقلات فى اليوم × ٤ يوم = ٢٤ نقلة.

أى أن خط الرش يتم نقله ١٢ مرة لتغطية نصف الحقل فى يومين ويتم نقله ١٢ نقلة أخرى فى يومين أى يتم تغطية الحقل كله فى ٤ يوم.

وبذلك فإن خط رش يحتوى على ٦ رشاشات كافى لتغطية الحقل بكامله فى ٤ يوم.

التصرف اللازم لخط الرش = تصرف الرشاش × عدد الرشاشات.

= ٤,٨٦ × ٦ = ٢٩,١٦ م³/س

وبذلك يكون تصرف المضخة المطلوب للحقل حوالى ٣٠ م³/س.

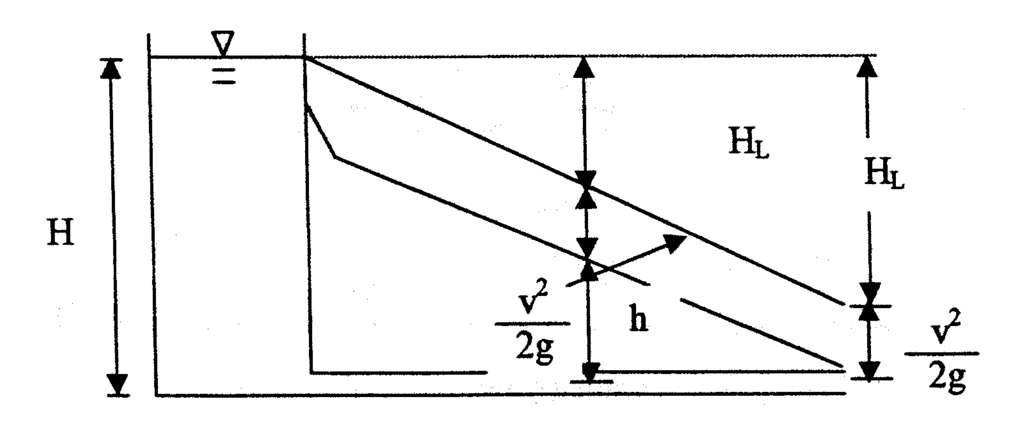
الاحتكاك فى الأنابيب

Pipe friction loss

عند سريان المياه دلخل الأنابيب تفقد المياه جزء من ضغطها نتيجة الاحتكاك بين طبقات المياه المنسابة فى حالة انسياب المياه بسرعة صغيرة والذى يسمى سريان هادئ أو رقائقى Laminar flow وبين المياه والجدار الداخلى للأنبوبة فى حالة السريان الاضطرابى Turbulent flow. ويحدث الفاقد فى ضغط المياه نتيجة السريان حيث أنه فى حالة سكون المياه وعدم تحركها فإن الضغط داخل الخط يكون ثابت ويسمى الضغط الإستاتيكى Static pressure حيث يقدر الضغط فى خط الأنابيب بارتفاع عمود الماء

عند أى نقطة فى خط الأنابيب أما فى حالة وجود سريان للمياه داخل خط الأنابيب فمعنى ذلك وجود فاقد فى الضغط نتيجة الاحتكاك ويسمى الضغط فى هذه الحالة بالضغط الديناميكى Dynamic pressure وبذلك يتضح أن الضغط الديناميكى للمياه يقل عن الضغط الإستاتيكى بمقدار الفاقد فى الاحتكاك وضغط السرعة.

فعند وجود خزان مياه يرتفع عن سطح الأرض بمقدار ١٠ متر ($H = 10m$) ومتصل به خط أنابيب يوجد به محبس فى نهايته وكان المحبس مغلقاً فإن الضغط عند المحبس يساوى ١ بار ويسمى بالضغط الإستاتيكى وعند فتح المحبس تماماً فإن الضغط عند نهاية خط الأنابيب يساوى صفراً ($h = 0$) وذلك لأن الضغط قد تم فقده فى الاحتكاك داخل الخط H_L وأيضاً فى ضغط السرعة $\frac{v^2}{2g}$ حيث أن المياه تصب مباشرة فى الجو وبذلك يكون الضغط الديناميكى فى نهاية الخط يساوى صفراً ($h = 0$).



الضغط الإستاتيكى عند نهاية الخط فى حالة السكون	$h = H$
الضغط الديناميكى فى نهاية الخط فى حالة سريان المياه	$h = 0$

ولإيجاد الضغط عند أى نقطة فى خط الأنابيب يمكن كتابة معادلة برنولى كما يلى:

$$H = H_L + \frac{v^2}{2g} + h$$

وتنص المعادلة السابقة على أن الطاقة الكلية (H) تساوى مجموع طاقة الضغط h وطاقة السرعة $\frac{v^2}{2g}$ وطاقة الفاقد فى الضغط H_L.

ومن الجدير بالذكر هنا أيضا أنه فى حالة وضع رشاش فى نهاية خط الأنابيب فإن الرشاش سوف يقوم بتقليل سريان المياه لأنه عبارة عن فتحة ضيقة وعند تقليل السريان يقل يقل كل من الفاقد فى الضغط وطاقة السرعة وبذلك فإن الضاغط الديناميكى (h) فى هذه الحالة لا يساوى صفراً وقيمة هذا الضغط يسمى بضغط تشغيل الرشاش حيث أن هذا الضغط يفقد أيضاً عند مرور تيار المياه من فتحة (فونية) الرشاش إلى الجو حيث يتحول إلى طاقة سرعة وهذه الطاقة فى منتهى الأهمية حيث عن طريقها يمكن إيجاد تصرف الرشاش كما يلى:

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$q = c\frac{\pi}{4}D^2\sqrt{2gh}$$

حيث:

h	=	ضاغط تشغيل الرشاش
g	=	عجلة الجاذبية الأرضية
v	=	سرعة المياه الخارجة من فتحة الرشاش

D = قطر فتحة الرشاش

q = تصرف الرشاش

c = معامل تصرف الرشاش هو يساوى ٠,٩ ــ ٠,٩٥

معادلات تقدير الاحتكاك فى الأنابيب:

١- الطريقة العلمية (معادلة دارسى وايزباك) Darcy - weisbach

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

h_f = الفاقد فى الاحتكاك بالمتر

L = طول الأنبوبة بالمتر

D = القطر الداخلى للأنبوبة بالمتر

v = متوسط سرعة المياه داخل الأنبوبة (متر/ث)

g = عجلة الجاذبية الأرضية (م/ث^2)

f = معامل الاحتكاك وهو يعتمد فى قيمته على رقم رينولدز

ورقم رينولدز Rynolds Number (Re) يساوى

$$Re = \frac{v.D}{\nu}$$

حيث: ν = اللزوجة الكينماتيكية للمياه وهى تساوى:

$$\nu = 1 \times 10^{-6} \quad m^2/s \quad @ \quad 20^oc$$

وحيث أننا نتعامل مع المياه فى الرى فإنه يمكن التعويض فى معادلة رقم رينولدز والتصرف بدلاً من السرعة حيث أن التصرف يساوى

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 . V$$

ينتج رقم رينولدز فى حالة سريان المياه

$$Re = 1.26 \times 10^6 \frac{Q}{D}$$

حيث: Q = التصرف باللتر/ث

D = القطر الداخلى للأنبوبة بالمم

وتعتمد قيمة معامل الاحتكاك على رقم رينولدز كما يلى:

1- $Re \leq 2000$ $\quad f = \frac{64}{Re}$ السريان رقائقى

وتسمى هذه المعادلة بمعادلة Hagen Poiseuille

2- $Re > 2000$ السريان اضطرابى

فى حالة الأنابيب الخشنة Rough pipes تستخدم معادلة Colebrook equation

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left[\frac{2.51}{Re\sqrt{f}} + \frac{\epsilon}{3.71D}\right]$$

ولكل نوع من الأنابيب قيمة للخشونة المطلقة لسطح الأنبوبة absolute roughness (ϵ) أما الأنابيب البلاستيك فيطلق عليها أنابيب ملساء ولكن يمكن أيضا استخدام المعادلة السابقة لهذه الأنابيب بالقيمة الآتية للخشونة المطلقة.

$\epsilon = 0.02$ mm	PVC	(بى. فى. سى)
$\epsilon = 0.002$ mm	PE	(بولى إيثيلين)
$\epsilon = 0.25$	cast iron	(حديد زهر)
$\epsilon = 0.15$	Galvanized iron	(حديد مجلفن)
$\epsilon = 0.045$	Steel or wrought iron	(حديد صلب أو مطاوع)

ولكثرة استخدام المواسير البلاستيك فى الرى (PVC, PE) والتى تعتبر مواسير ملساء Smooth pipe يوجد معادلتين تستخدم حسب قيمة معامل رينولدز فى حالة السريان الاضطرابى.

$2000 < Re < 10^5$

$f = 0.32\ Re^{-0.25}$ Blasius equation

$10^5 < Re < 10^7$

$f = 0.13\ Re^{-0.172}$ Watters and Keller equation

٢- معادلة سكوبى Scobey equation

تستخدم معادلة سكوبى للمواسير الصلب والألومنيوم وخاصة فى الرى بالرش وقد أصدر مكتب الاستصلاح الأمريكى قديما عدة كتيبات تحتوى على جداول لإيجاد الاحتكاك فى الأنابيب باستخدام معادلة سكوبى ولكن نظرا لانتشار الآلات الحاسبة والكمبيوتر فإن هذه الجداول تفقد أهميتها وتأخذ معادلة سكوبى الصورة التالية:

$$h_f = \frac{K_s\, L\, Q^{1.9}}{D^{4.9}}\, 4.1\times10^{6}$$

حيث: Q = التصرف لتر/ث

L = طول الأنبوبة بالمتر

D = القطر الداخلى للأنبوبة بالمم

h_f = الفاقد فى الاحتكاك بالمتر

K_s = معامل سكوبى

$K_s = 0.36$ للمواسير الصلبة

$K_s = 0.34$ للمواسير الألومنيوم

ويلاحظ هنا أن المعادلة لا تتطلب إيجاد رقم رينولدز أو تحديد نوع السريان ومن هنا تأتى سهولة تطبيق المعادلة.

٣- معادلة هيزن – وليامز Hazen - Williams

من أكثر المعادلات استخدام فى مجال الرى وأعمال المياه عموما هى معادلة هيزن وليامز وتستخدم لجميع أنواع الأنابيب وهى سهلة الاستخدام وشائعة الاستعمال وتأخذ الصورة التالية:

$$h_f = \frac{1.22\times10^{10}\, L}{D^{4.87}}\left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852}$$

حيث: Q = التصرف (لتر/ث)

D = القطر الداخلى للأنبوبة بالمم

L = طول خط الأنابيب بالمتر

h_f = مقدار الفاقد فى الاحتكاك بالمتر

C = معامل هيزن وليامز وقيم المعامل للأنابيب المختلفة يساوى:

C = 100	Concrete pipe	مواسير خرسانية
C = 115	Galvanized iron	حديد مجلفن
C = 120	Welded steel	صلب ملحوم
C = 145	Asbestos cement	اسبستوس سمنت
C = 146	Aluminum	ألومنيوم
C = 150	Plastic pipes	أنابيب بلاستيك

وعند تطبيق معادلة هيزن وليامز على الأنابيب البولى إيثيلين (PE) والأنابيب البلاستيك (PVC) فإن معامل هيزن وليامز يساوى

C = 140 PE

C = 150 PVC

إلا أن بعض المراجع تأخذ C = 150 لكل من المواسير PVC وأنابيب PE.

٤- الفاقد فى المحابس والوصلات Head loss in Fitting

تقدر الفواقد نتيجة مرور السريان فى الوصلات المختلفة والمحابس بمعامل مضروب فى طاقة السرعة كما يلى:

$$H_L = K \frac{v^2}{2g}$$

حيث: H_L = الفاقد فى الضاغط بالمتر

K = معامل المحبس أو الوصلة

v = سرعة المياه م/ث

g = عجلة الجاذبية الأرضية م/ث^٢

ومعامل الفاقد K يعتمد على نوع الوصلة أو المحبس كما يلى:

K	Fitting	الوصلة
K = 1.0	Elbow 90°	كوع ٩٠ درجة
K = 0.40	Elbow 45°	كوع ٤٥ درجة
K = 0.35	Tee in line	تيه سريان داخل الخط
K = 1.20	Tee from line to branch	تيه سريان من الخط للفرع
K = 0.8	Tee from branch to line	تيه سريان من الفرع للخط
K = 0.7	Valve (depending on	محبس (يعتمد على مقدار

K	Fitting	الوصلة
	closure)	الغلق)
K = 1.5	Non return valve	محبس عدم رجوع
K = 1.8	Saddle	سادل (ركاب)
K = 1.0	Reducer	مخفض (نقاص)
K = 3.0	Water meter	عداد مياه (يعتمد على نوع العداد ومقدار السريان)

وقد يحدد الفاقد فى المحابس والوصلات بطول مكافئ لخط الأنابيب ذات القطر المتساوى معها Equivalent length كما يلى:

$$K \frac{v^2}{2g} = f \frac{L_e}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$L_e = \frac{K \cdot D}{f}$$

حيث: L_e = الطول المكافئ للفاقد فى المحبس أو الوصلة (الفاقد الثانوى)

K = معامل المحبس أو الوصلة

D = القطر الداخلى لخط الأنابيب

f = معامل الاحتكاك لخط الأنابيب

جداول الفاقد فى الضغط نتيجة الاحتكاك فى الأنابيب

Friction loss in pipe

استعرضنا تقدير الفاقد فى الاحتكاك للأنابيب الشائعة الاستخدام فى الرى وهى أنابيب PVC وأنابيب البولى إيثيلين PE عن طريق استخدام معادلة هيزن وليامز. ويمكن وضع هذه المعادلة فى صورة أخرى لتعيين أقصى تصرف يمر بالأنبوبة بحيث لا يزيد الفاقد فى الضغط بالاحتكاك عن حد معين H_f لطول خط أنابيب يساوى ١٠٠ متر والتعويض عن التصرف بالمتر المكعب/الساعة بدلا من لتر/ث حيث أن ١ لتر/ث = ٣,٦ م^3/س كما يلى:

$$Q(m^3/h) = \left[\frac{H_f \times D^{4.87}}{1.22 \times 10^{10} \times 100}\right]^{0.54} \times C \times 3.6$$

كما ذكرنا أن:

$C = 140$ PE

$C = 150$ PVC

وبذلك قمنا بعمل الجداول على أساس الأقطار المستخدمة للمواسير حيث:

D_o = القطر الخارجى للماسورة حيث تعرف الأنبوبة بالقطر الخارجى بالمم.

t = سمك جدار الأنبوبة بالمم.

ويطلق على الفاقد فى الاحتكاك بالمتر لكل ١٠٠ متر من طول خط الأنابيب بمعامل الفاقد فى الاحتكاك J = friction factor ولنأخذ مثالا على استخدام هذه الجداول.

- إذا كان طول خط الأنابيب ١٥٠ متر والفاقد المسموح به للاحتكاك هو ٣ متر من بداية الخط لنهايته وكان الخط مصنوع من PVC بقطر ١١٠ متر فأوجد أقصى تصرف يمر بالخط بحيث لا يتعدى الفاقد المسموح به فى الضغط

الحل

$$J = \frac{H_f \times 100}{150} = \frac{3 \times 100}{150} = 2\,m/100m$$

فى الجداول الخاصة بالـ PVC ننظر إلى أعلى الجدول فنجد الخانة الخاصة بـ ٢ متر لكل ١٠٠ متر ثم نتحرك إلى أسفل ونتوقف عند الصف الخاص بقطر ١١٠ مم فنجد أن أقصى تصرف هو ٤٦,٥٩ م^3/س وقد يكون المطلوب هو العكس أى يكون معلوم J وكذلك التصرف المار والمطلوب هو قطر الأنبوبة ولنأخذ مثال على ذلك.

المطلوب إمرار تصرف ١٣,٣ م^3/س فى خط أنابيب طوله ٥٠ متر بحيث لا يتعدى الفاقد فى الاحتكاك ١,٥ متر فأوجد قطر الأنبوبة

الحل

$$J = \frac{1.5 \times 100}{50} = 3\,m/100m$$

ومن الجدول عند $J = 3$ نتحرك لأسفل إلى أن نصل إلى قيمة التصرف ١٣,٣ ثم نقرأ أفقيا قطر الأنبوبة المقابل وهو ٦٣ مم فى العمود الأول.

جدول معامل الفاقد بالأحتكاك (J) م/١٠٠م لمواسير PVC

PVC Maximum m3/h for various friction factor m/100m									
Friction factor		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
Do,mm	t, mm	Maximum flow m3/h							
20	1.5	0.19	0.28	0.34	0.40	0.45	0.50	0.54	0.58
25	1.5	0.37	0.54	0.68	0.79	0.89	0.99	1.07	1.15
32	1.8	0.73	1.07	1.33	1.55	1.75	1.93	2.10	2.25
40	1.8	1.41	2.05	2.55	2.98	3.36	3.71	4.03	4.33
50	1.8	2.67	3.88	4.82	5.64	6.36	7.01	7.62	8.19
63	1.9	5.06	7.36	9.16	10.69	12.06	13.31	14.47	15.55
75	2.2	8.04	11.69	14.55	16.99	19.17	21.15	22.99	24.71
90	2.7	12.94	18.81	23.41	27.35	30.85	34.04	37.00	39.76
110	3.2	22.04	32.04	39.89	46.59	52.56	58.00	63.03	67.74
125	3.7	30.76	44.72	55.67	65.02	73.35	80.94	87.97	94.54
140	4.1	41.51	60.35	75.13	87.75	98.99	109.23	118.72	127.59
160	4.7	58.95	85.70	106.68	124.61	140.57	155.11	168.58	181.18
200	5.9	105.92	154.01	191.71	223.93	252.60	278.74	302.94	325.59
225	6.6	144.52	210.13	261.56	305.52	344.64	380.30	413.31	444.21
250	7.3	190.80	277.42	345.32	403.36	455.01	502.09	545.67	586.47

PVC Maximum m3/h for various friction factor m/100m									
Friction factor		4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
Do,mm	t, mm	Maximum flow m3/h							
20	1.5	0.62	0.66	0.69	0.73	0.76	0.79	0.82	0.85
25	1.5	1.23	1.30	1.37	1.43	1.50	1.56	1.62	1.67
32	1.8	2.40	2.54	2.68	2.80	2.93	3.05	3.16	3.28
40	1.8	4.61	4.88	5.14	5.39	5.62	5.85	6.08	6.29
50	1.8	8.73	9.24	9.73	10.20	10.65	11.08	11.51	11.91
63	1.9	16.57	17.54	18.47	19.36	20.21	21.04	21.83	22.61
75	2.2	26.33	27.87	29.35	30.76	32.12	33.43	34.70	35.93
90	2.7	42.37	44.85	47.22	49.49	51.68	53.79	55.83	57.81
110	3.2	72.19	76.42	80.45	84.32	88.05	91.64	95.12	98.50
125	3.7	100.75	106.65	112.28	117.68	122.88	127.90	132.75	137.46
140	4.1	135.97	143.93	151.53	158.82	165.84	172.61	179.16	185.52
160	4.7	193.08	204.38	215.18	225.53	235.49	245.11	254.41	263.43
200	5.9	346.97	367.28	386.68	405.28	423.18	440.46	457.18	473.39
225	6.6	473.38	501.10	527.56	552.94	577.37	600.94	623.75	645.87
250	7.3	624.99	661.58	696.52	730.03	762.27	793.39	823.51	852.72

جدول معامل الفاقد بالأحتكاك (J) م/١٠٠م لمواسير PVC

PE Maximum m3/h for various friction factor m/100m									
Friction factor		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
Do,mm	t, mm	Maximum flow m3/h							
16	1.2	0.10	0.14	0.18	0.21	0.24	0.26	0.28	0.30
18	1.2	0.14	0.21	0.26	0.30	0.34	0.37	0.40	0.44
20	1.5	0.18	0.26	0.32	0.38	0.42	0.47	0.51	0.55
25	1.5	0.35	0.51	0.63	0.74	0.83	0.92	1.00	1.07
32	2	0.66	0.96	1.19	1.39	1.57	1.73	1.89	2.03
40	2	1.28	1.86	2.31	2.70	3.04	3.36	3.65	3.92
50	2	2.43	3.54	4.40	5.14	5.80	6.40	6.96	7.48
63	2.5	4.47	6.51	8.10	9.46	10.67	11.77	12.80	13.75
75	2.9	7.12	10.35	12.88	15.05	16.97	18.73	20.36	21.88
90	5.1	10.35	15.06	18.74	21.89	24.69	27.25	29.61	31.83
110	6.3	17.49	25.43	31.65	36.97	41.71	46.02	50.02	53.76

جدول معامل الفاقد بالأحتكاك (J) م/١٠٠م لخراطيم PE

PE Maximum m3/h for various friction factor m/100m									
Friction factor		4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
Do,mm	t, mm	Maximum flow m3/h							
16	1.2	0.32	0.34	0.36	0.38	0.39	0.41	0.43	0.44
18	1.2	0.46	0.49	0.52	0.54	0.57	0.59	0.61	0.63
20	1.5	0.58	0.62	0.65	0.68	0.71	0.74	0.77	0.79
25	1.5	1.15	1.21	1.28	1.34	1.40	1.45	1.51	1.56
32	2	2.16	2.29	2.41	2.52	2.63	2.74	2.84	2.95
40	2	4.18	4.43	4.66	4.88	5.10	5.31	5.51	5.70
50	2	7.97	8.43	8.88	9.31	9.72	10.11	10.50	10.87
63	2.5	14.66	15.51	16.33	17.12	17.87	18.60	19.31	20.00
75	2.9	23.32	24.68	25.98	27.23	28.44	29.60	30.72	31.81
90	5.1	33.92	35.90	37.80	39.62	41.37	43.06	44.69	46.28
110	6.3	57.29	60.64	63.84	66.91	69.87	72.72	75.48	78.16

جدول معامل الفاقد بالأحتكاك (J) م/١٠٠م لخراطيم PE

الطريقة المختصرة لتحديد أقطار أنابيب شبكات رى الحدائق والمسطحات الخضراء

Friction factor short cut pipe sizing

يستخدم معامل الفاقد فى الاحتكاك فى تحديد أقصى تصرف يمر خلال جزء من شبكة الأنابيب بحيث لا يزيد الفاقد فى الضغط نتيجة الاحتكاك عن حد معين يتم تحديده مسبقاً طبقاً للفرق فى الضغط المسموح به وذلك لتقليل الاختلافات فى الضغط بين الرشاشات بحيث لا تزيد عن ١٠% إلى ٢٠% من ضغط التشغيل المطلوب للرشاش لضمان الحصول على توزيع جيد للمياه.

ويعرف معامل الفاقد فى الاحتكاك Friction factor J كما يلى:

$$J = \frac{H_f}{L_c} = \frac{0.10 \times h_{av}}{L_c}$$

J = معامل الفاقد فى الاحتكاك وهو الفاقد في الضغط المسموح به بالمتر لكل ١٠٠ متر طول من خط الأنابيب.

h_{av} = ضغط تشغيل الرشاش بالمتر حيث أن ضغط جوى = ١ بار = ١٠ متر ماء

H_f = فرق الضغط المسموح به بين المحبس وآخر رشاش على الخط المطلوب تحديد قطره وعادة يساوى ١٠% إلى ٢٠% من ضغط تشغيل الرشاش المطلوب.

L_c = الطول الحرج Critical length من قطر الأنابيب من المحبس control valve إلى آخر رشاش last sprinkler على الخط بوحدات المائة متر

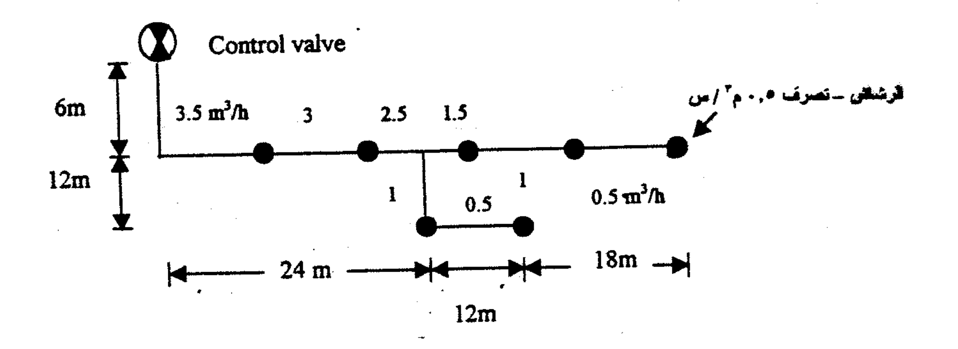
مثال:

محبس يتحكم فى تشغيل مجموعة رشاشات ضغط التشغيل المطلوب للرشاش هو ٢ بار. وعلى ذلك يكون فرق الضغط المسموح به بين المحبس وآخر رشاش على فرض أنه ١٠% من ضغط تشغيل الرشاش.

$H_f = 0.10 \times h_{av}$

$= 0.10 \times (2 \times 10) = 2$ m

ولتحديد الطول الحرج L_c يجب تحديد المسافة التى تقطعها المياه من المحبس إلى أبعد رشاش farthest head وبعد ذلك يتم قسمة هذه المسافة



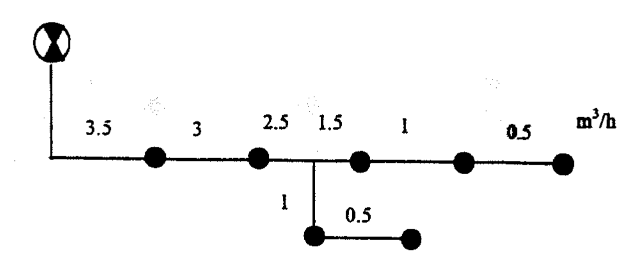
على ١٠٠ متر للحصول على المسافة بمئات الأمتار.

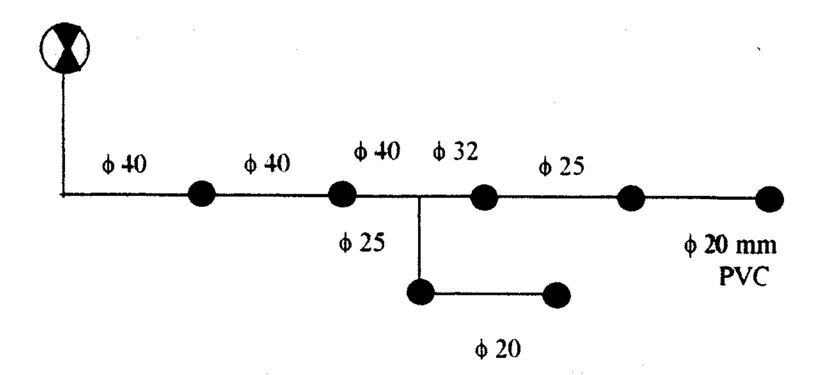
ومن الرسم المقابل لشبكة الرش نجد أن مسار المياه من المحبس إلى أبعد رشاش هو المسافة (٦ + ٢٤ + ١٢ + ١٨ = ٦٠ متر) ونلاحظ أننا لم نأخذ الفرع الآخر حيث أن المسافة فى هذا الفرع أقل ولا تحتوى على أبعد رشاش فى الشبكة ولذلك فإن الطول الحرج يساوى ٦٠/١٠٠ = ٠,٦٠ بمئات الأمتار. وعلى ذلك يكون معامل الاحتكاك

$$J = \frac{0.10\times h_a}{L_c} = \frac{20\times 0.10}{60/100} = 3.33$$

يشير معامل الاحتكاك إلى أن الأنابيب يتم اختيارها على أساس أن الفاقد فى الاحتكاك لا يزيد عن ٣,٣٣ متر لكل ١٠٠ متر طول. بالاستعانة بجدول معامل الاحتكاك نجد أن المعامل يقع بين ٣ – ٣,٥ متر/١٠٠ متر نختار الأقل وهو ٣ متر / ١٠٠ متر وذلك لعدم تجاوز الحد المسموح بهُ وهو ٣,٣٣ م/ ١٠٠ متر وبالاستعانة بالتصرف المار فى خطوط الأنابيب المختلفة فى الشبكة نختار القطر المناسب بحيث لا يتجاوز التصرف المار أقصى

تصرف مسموح به وهو المقابل لمعامل الاحتكاك ٣ متر/ ١٠٠ متر فى الجدول.





مثال آخر:

38 m

ضغط التشغيل للرشاش = ٢,٤ بار ، وتصرف الرشاش = ٠,٥ م٣/س ، نسبة الفاقد فى الضغط المسموح بها = ١٠% ، الطول الحرج للخط = ٣٨ متر.

الحل

$$J = \frac{24 \times 0.10}{38/100} = 6.3 \text{ m}/100\text{ m}$$

أى تتراوح بين ٦ – ٦,٥ متر / ١٠٠ متر.

ϕ 32 ϕ 25 ϕ 25 mm ϕ 25 mm

2 m^3/h 1.5 1 0.5 m^3/h

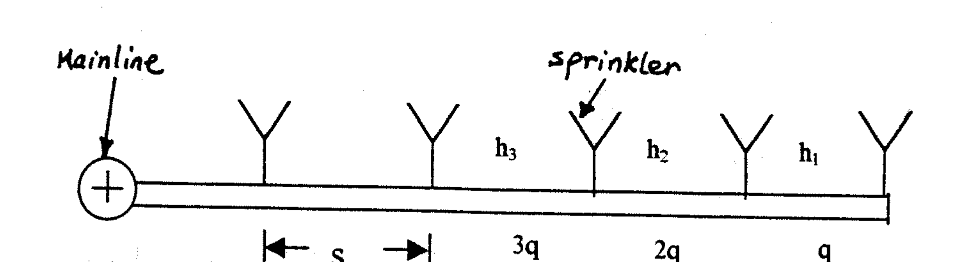
ونلاحظ هنا أن الأقطار الصغيرة للمواسير ٢٠ – ٢٥ – ٣٢ تتحمل ضغط ١- بار أما ابتداء من ٤٠ مم فأكثر تتحمل ضغط ٦ بار كما هو وارد فى جدول معامل الاحتكاك وذلك حسب سمك جدار الماسورة.

الاحتكاك فى الخطوط متعددة المخارج

Multiple outlets lines

خطوط الرش وخطوط التنقيط والمشعبات تعتبر خطوط متعددة المخارج حيث يتناقص فيها التصرف إلى أن يصل إلى الصفر فى نهاية الخط حيث تعتبر الرشاشات مخارج على الخط وكذلك النقاطات ولذلك يطلق على هذا الخط Lateral line وحيث أن التصرف المار به متناقص فلا يمكن تطبيق معادلات الاحتكاك السابقة مباشرة على هذا الخط وإحدى الطرق لإيجاد الاحتكاك لهذه الخطوط هى طريقة الخطوة بخطوة step by step بمعنى تطبيق معادلة الاحتكاك بين المخارج ثم تجميع هذه الفواقد فى الاحتكاك لإيجاد الاحتكاك الكلى وواضح من هذه الطريقة أنها يمكن تطبيقها فى حالة الأعداد الصغيرة من المخارج أو فى حالة استخدام البرمجة – بالكمبيوتر ولكن يمكن

استنتاج معامل يمكن عن طريقة إيجاد الفاقد فى الاحتكاك لمثل هذه الخطوط ويمكن استنتاجه كما يلى:



نفترض خط رش مركب عليه رشاشات متساوية التصرف q وعلى مسافات s_l وبذلك يكون التصرف المار على خط الرش Q يساوى $Q = N . q$

ويمكن وضع المعادلة العامة للاحتكاك كما يلى: $h_f = \dfrac{K L Q^m}{D^n}$

حيث أن فى معادلة هيزن وليامز:

K = constant , m = 1.852 , n = 4.87

وفى معادلة سكوبى m = 1.9 , n = 4.9

وفى معادلة دارسى وايزباك m = 2 , n = 5

وحيث أن الفاقد الكلى للاحتكاك فى الخط يساوى مجموع الفاقد فى الاحتكاك لأجزاء الخط فإن:

$$H_f = \sum_{i=1}^{N} h_i$$

$$H_f = \frac{k s_\ell q^m}{D^n} + \frac{k s_\ell (2q)^m}{D^n} + \dots\dots\dots\dots + \frac{k s_\ell (N q)^m}{D^n}$$

$$H_f = \frac{k s_\ell}{D^n} \sum_{i=1}^{N} i^m q^m$$

$$H_f = \frac{k L}{D^n N} \left(\frac{Q}{N}\right)^m \sum i^m$$

$$H_f = \frac{k L Q^m}{D^n} \times \frac{\sum_{i=1}^{N} i^m}{N^{m+1}}$$

وبمقارنة هذه المعادلة بالمعادلة العامة للاحتكاك نجد أن:

$$H_f = h_f \times F$$

حيث أن F = معامل التخفيض Reduction Factor

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{N} i^m}{N^{m+1}}$$

بمعنى أن الاحتكاك فى الخط بالمخارج = الاحتكاك فى الخط بدون مخارج × معامل التخفيض

ويعتمد معامل التخفيض على عدد المخارج وعلى قيمة m والتى تعتمد قيمتها على نوع معادلة الاحتكاك فهى تساوى 1.852 فى حالة معادلة هيزن وليامز.

مثال:

احسب معامل التخفيض إذا كان الخط يحتوى على ٥ مخارج (رشاشات) وأن أول رشاش يبعد مسافة s_ℓ عن المدخل.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{N} i^m}{N^{m+1}}$$

$$= \frac{1^{1.852} + 2^{1.852} + 3^{1.852} + 4^{1.852} + 5^{1.852}}{5^{(1.852+1)}} = 0.4567$$

ولسهولة وسرعة إيجاد قيمة F تم عمل جداول تحتوى على N عدد المخارج وقيمة F وذلك عند قيمة m= 1.852 مع ملاحظة أننا قمنا باستنتاج قيمة F فى حالة وجود أول مخرج على مسافة s_ℓ من بداية الخط حيث يوجد حل آخر على أساس أن أول مخرج يبعد $\frac{s_\ell}{2}$ من بداية الخط ويطلق على قيمة F فى هذه الحالة F_{mid} تمييزاً لها عن الحالة الأولى وهى F_{end}. ومن الجدير بالذكر هنا أنه إذا زاد عدد المخارج فإن قيمة F تقترب من القيمة التالية:

$$F = \frac{1}{m+1} = \frac{1}{1.852+1} = \frac{1}{2.852} = 0.35$$

N	F_{end}	F_{mid}
5	0.457	0.396
10	0.402	0.371
12	0.393	0.367
15	0.385	0.363
20	0.376	0.360
25	0.371	0.358
30	0.368	0.357
40	0.363	0.355
50	0.361	0.354
100	0.356	0.352
200	0.353	0.352

مثال:

خط رش نقالى يحتوى على ٣٠ رشاش المسافة بينها ٩ متر تصرف الرشاش ١,٨ م^3/س والقطر الداخلى للخط ٩٩ مم ومصنوع من الألومنيوم (C = 146) وأول رشاش يبعد مسافة كاملة عن بداية الخط. أوجد الاحتكاك فى الخط.

<u>الحل</u>

الخط متعدد المخارج نكشف عن قيمة F فى الجداول فنجدها تساوى 0.368 وبالتعويض فى معادلة هيزن وليامز.

$$H_f = \frac{1.22 \times 10^{10} L}{(D)^{4.87}} \left(\frac{1.8 \times 30}{3.6 \times 146} \right)^{1.852} \times F$$

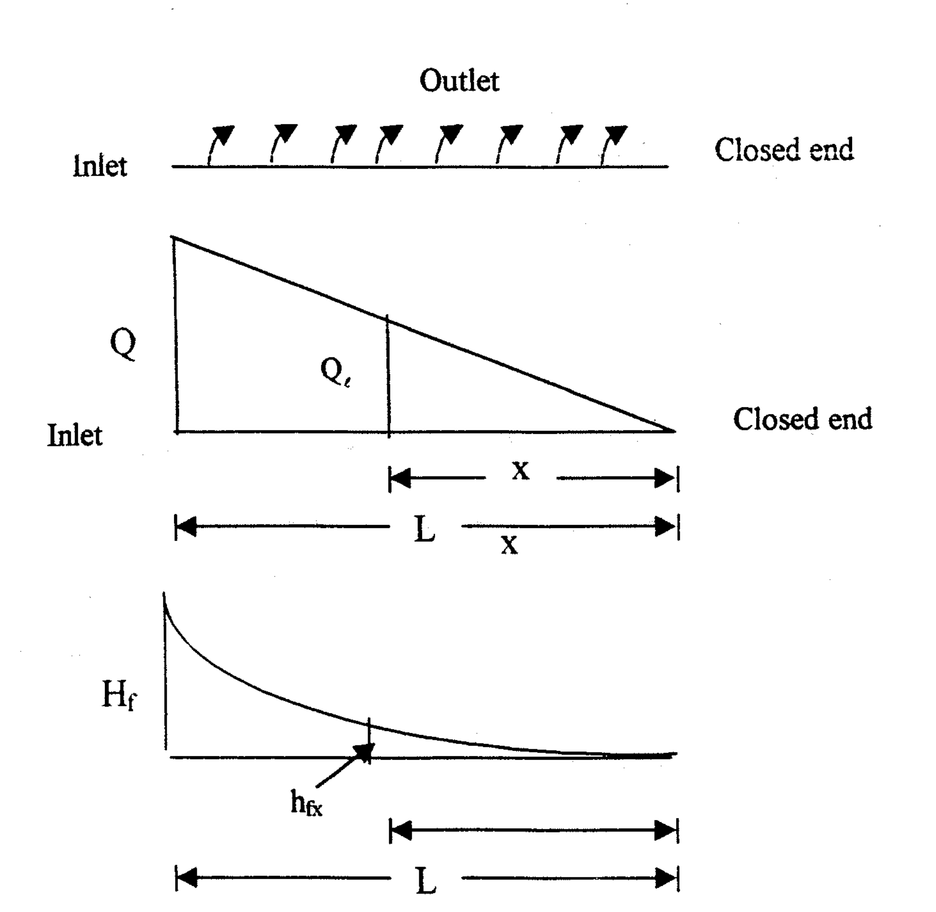
$$H_f = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 30 \times 9}{(99)^{4.87}} \left(\frac{1.8 \times 30}{3.6 \times 146} \right)^{1.852} \times 0.368$$

$$= 629.47748 \times 0.0147822 \times 0.368 = 3.42 \text{ m}$$

توزيع الضغط والتصرف فى الخطوط متعددة المخارج

لنفرض أن خط يحتوى على عدد لانهائى من المخارج حيث يكون توزيع التصرف بحيث يتناقص خطيا من Q عند بداية الخط إلى صفر عند نهاية الخط. ويمكن تمثيل ذلك بيانا كما يلى:

نلاحظ هنا أن البداية هى من نهاية الخط أى أن x مقاسة من نهاية الخط closed end وأن التصرف Q_x هو التصرف المار فى الخط عند مسافة x من نهايته وأن h_{fx} هى الفاقد فى الاحتكاك داخل الخط من نهايته إلى المسافة x. ومن تشابه المثلثات يمكن كتابة



$$\frac{Q_x}{Q} = \frac{x}{L}$$

$$Q_x = Q\left(\frac{x}{L}\right)$$

وهذه المعادلة تعطى توزيع التصرف داخل الخط المتعدد المخارج عند مسافة x مقاسة من نهاية الخط.

أما توزيع الفاقد فى الضغط نتيجة الاحتكاك فيمكن استنتاجه بنفس الطريقة من المعادلة العامة للاحتكاك

$$h_f = k D^{-n} \; L Q^m$$

$$\frac{h_{fx}}{H_f} = \frac{x Q_x^m}{L Q^m} = \frac{x\left(Q\dfrac{x}{L}\right)^m}{L Q^m} = \left(\frac{x}{L}\right)^{m+1}$$

$$h_{fx} = H_f \left(\frac{x}{L}\right)^{m+1}$$

ويتضح من هذه المعادلة أنه يمكن إيجاد الفاقد فى الضغط نتيجة الاحتكاك h_{fx} عند مسافة x من نهاية الخط بمعلومية الفاقد الكلى للاحتكاك فى الخط H_f. و لا يفوتنا هنا أن نذكر أن الخط الذى يحتوى على عدد لانهائى من المخارج قيمة F له تساوى

$$F = \frac{1}{m+1} = \frac{1}{1.852+1} = 0.35$$

مثال:

عند أى نسبة من طول الخط يحدث ٥٠% من الفاقد فى الاحتكاك داخل الخط المتعدد المخارج.

الحل

$$\frac{h_{fx}}{H_f} = \left(\frac{x}{L}\right)^{2.852}$$

$$0.5 = \left(\frac{x}{L}\right)^{2.852}$$

$$\frac{x}{L} = 0.78$$

أى يحدث ٥٠% من الفاقد فى الضغط داخل الخط عند ٧٨% من طوله من نهاية الخط و ٢٢% من طول الخط من بدايته.

مثال:

عند أى نسبة من طول الخط يحدث ٢٥% من الفاقد فى الاحتكاك داخل الخط المتعدد المخارج من نهايته.

الحل

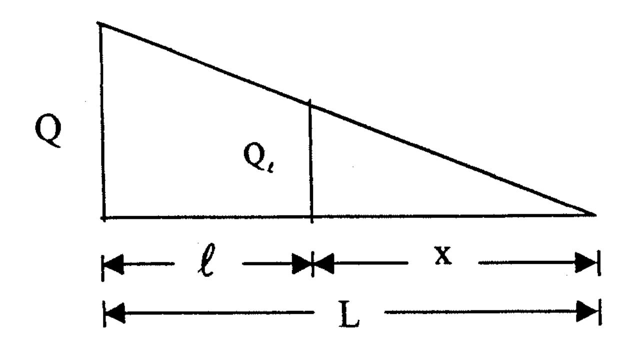
$$\frac{h_{fx}}{H_f} = \left(\frac{x}{L}\right)^{m+1} \qquad 0.25 = \left(\frac{x}{L}\right)^{2.852}$$

$$\frac{X}{L} = 0.615$$

أى أنه عند طول قدره ٦١,٥% من نهاية الخط يحدث ٢٥% من الفاقد فى الاحتكاك داخل الخط متعدد المخارج.

وأن ٧٥% من الفاقد فى الاحتكاك يحدث عند ٣٨,٥% من طول الخط مقاسا من بدايته.

فى أغلب الأحيان يكون المطلوب هو إيجاد الضغط من بداية الخط وليس من نهايته وعلى ذلك فإننا سوف نقوم باستنتاج توزيع الفاقد فى الضغط وكذلك توزيع التصرف من بداية الخط وليس من نهايته كما يلى:



$$\frac{Q_\ell}{Q} = \frac{L-\ell}{L}$$

$$Q_\ell = Q\left(\frac{L-\ell}{L}\right)$$

$$\frac{H_\ell}{H_L} = \frac{H_L - h_{fx}}{H_L}$$

$$= 1 - \frac{x\,Q_\ell^m}{L\,Q^m}$$

$$= 1 - \frac{(L-\ell)Q^m\left(\frac{L-\ell}{L}\right)^m}{L.Q^m}$$

$$= 1 - \left(\frac{L-\ell}{L}\right)^{m+1}$$

$$\frac{H_\ell}{H_L} = 1 - \left(1 - \frac{\ell}{L}\right)^{m+1}$$

مثال:

مشعب قطره الداخلى ١٠٧ مم من PVC يقوم بتغذية حقل مستطيل الشكل ويوضع المشعب على انحدار ٢% لأسفل وطول المشعب ١٠٠ متر ويمر بمدخل المشعب تصرف ٢٥,٢٣ لتر/ث والضغط عند المدخل ١ بار (١٠ متر ماء). احسب توزيع الضغط داخل الخط.

الحل

$$H_L = \frac{1.22 \times 10^{10}\, L}{(D)^{4.87}}\left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \times \left(\frac{1}{m+1}\right)$$

$$H_L = \frac{1.22 \times 10^{10}\,(100)}{(107)^{4.87}}\left(\frac{25.23}{150}\right)^{1.852} \times \left(\frac{1}{1.852+1}\right) = 2.062$$

m

وبالتعويض فى معادلة توزيع الفاقد فى الضغط نتيجة الاحتكاك عند قيم مختلفة لـ ℓ

$\ell = 0, 25, 50, 75, 100$

$$\frac{H_\ell}{H_L} = 1 - \left(1 - \frac{\ell}{L}\right)^{m+1}$$

$$\frac{H_\ell}{2.062} = 1 - \left(1 - \frac{0}{100}\right)^{2.852} = 0$$

(a) $\ell = 0$ $\quad H_\ell = 0$

$\ell = 25$ $\quad H_\ell = 1.154$

$\ell = 50$ $\quad H_\ell = 1.77$

$\ell = 75$ $\quad H_\ell = 2.022$

$\ell = 100$ $\quad H_\ell = 2.062$

ويتم حساب الزيادة فى الضغط نتيجة الانحدار لأسفل P_e

$$P_e = s_o \,.\, \ell$$

ويتم إيجاد الضغط على طول الخط من العلاقة

$$P_\ell = P_i - H_\ell + P_e$$

ويتم تلخيص البيانات المتحصل عليها فى الجدول التالى:

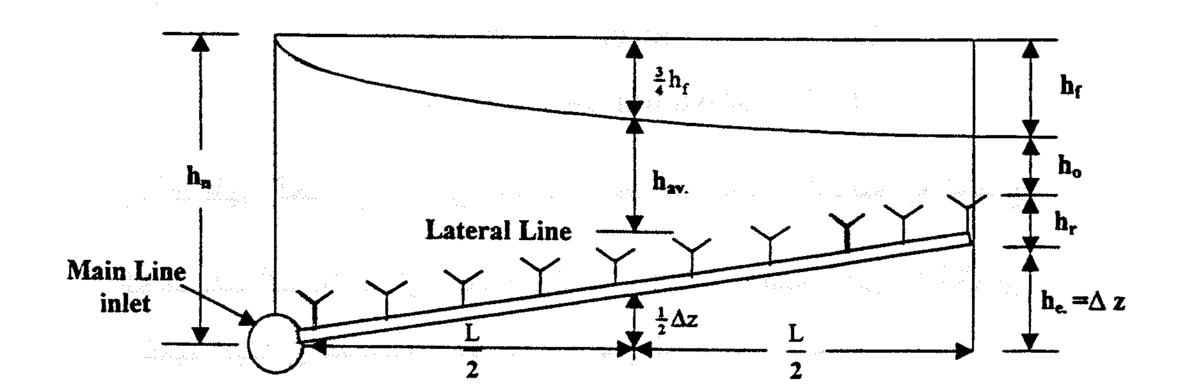
ℓ	P_i (m)	H_ℓ (m)	$P_e = s_o . \ell$	$P_\ell = P_i - H_\ell + P_e$
0	10	0	$0.02 \times 0 = 0$	$10 - 0 + 0 = 10$
25	10	1.154	$0.02 \times 25 = 0.5$	$10 - 1.154 + 0.5 = 9.346$
50	10	1.77	$0.02 \times 50 = 1$	$10 - 1.77 + 1 = 9.23$
75	10	2.022	$0.02 \times 75 = 1.5$	$10 - 2.022 + 1.5 = 9.478$
100	10	2.062	$0.02 \times 100 = 2$	$10 - 2.062 + 2 = 9.938$

ويتضح من الجدول أن توزيع الضغط فى الخط يكون تقريباً ثابت ويرجع ذلك إلى أن الفاقد فى الضغط يعوضه الزيادة فى الضغط نتيجة الانحدار لأسفل.

الضغط اللازم لتشغيل خط الرى

Lateral line

الخط المتعدد المخارج (خط الرى) قد يكون كما ذكرنا خط الرش أو خط تنقيط ولكن الحالة العامة هى لخط الرش حيث يحتوى على رشاشات ترتفع بحامل riser طوله H_r وقد يميل الخط لأعلى بانحدار s_o والرسم التالى يوضح هذا التخطيط



ويفترض الشكل السابق أن الرشاشات موزعة بانتظام على طول خط الرش ومتساوية فى التصرف والمسافة بين الرشاشات والفاقد الكلى فى الاحتكاك H_f ومتوسط ضغط التشغيل للرشاش h_{av} وأقل ضغط تشغيل للرشاش عند نهاية الخط h_o وارتفاع حامل الرشاش على الخط h_r ومقدار انحدار الخط لأعلى منتظم ويساوي s_o وعلى ذلك فإن أقصى ارتفاع للخط هو عند نهايته بمقدار h_e والضغط اللازم لتشغيل الخط عند بدايته h_n. وبذلك يمكن كتابة المعادلة التالية:

$$h_n = h_f + h_o + h_r + h_e$$

$$h_n = h_{av} + \frac{3}{4} h_f + \frac{1}{2} h_e + h_r$$

$$P_i = P_n = h_n = h_{av} + \frac{3}{4} h_f \pm \frac{h_e}{2} + h_r$$

ونلاحظ هنا فى المعادلة العامة أن الضغط اللازم لتشغيل خط الرش قد يرمز له $P_i = P_n = h_n$ وأيضاً نلاحظ أننا قد نعبر عن الضغط بالضاغط أو العكس

وأيضا أنه توجد ثلاث حالات لوضع خط الرش وهى الخط يميل لأعلى uphill $+ h_e/2$

الخط أفقى level $h_e = 0$

الخط يميل لأسفل down hill $- h_e/2$

ولذلك ظهر الحد $\pm \frac{h_e}{2}$ فى المعادلة ليأخذ أحد الصور السابقة تبعا لوضع الخط. كما أننا نلاحظ أن ارتفاع الرشاش h_r يساوى صفرا فى حالة الرى بالتنقيط حيث أن النقاطات تركب مباشرة على الخط بدون حامل $(h_r = 0)$

قطر خط الرى

Lateral line

إن تصميم خط الرش يعنى إيجاد الضغط اللازم لتشغيله P_i وأيضا قطر خط الرش بحيث لا يتعدى الفاقد فى الضغط داخله حد معين. كما يتضح ذلك من معادلة هيزن وليامز

$$h_f = \frac{1.22 \times 10^{10} L}{(D)^{4.87}} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \times F$$

يلزم لتحديد قطر خط الرى المعلومات الآتية:

١- التصرف المار Q

٢- طول الخط L

٣- الفاقد المسموح به فى الضغط h_f

٤- نوع مادة الأنبوبة PVC ، PE ، الألومنيوم (قيمة C للأنبوبة).

٥- عدد المخارج وبالتالى قيمة معامل التخفيض F

الفاقد المسموح به فى الضغط

Allowable Head Loss

معادلة التصرف خلال المخرج (رشاش أو نقاط أو فتحة على المشعب) فى حالة السريان الاضطرابى:

$$q = CA\sqrt{2gh} = K\sqrt{P}$$

وتفاضل المعادلة السابقة

$$dq = K\frac{1}{2\sqrt{P}}\,dP$$

$$\frac{dq}{q} = \frac{dP}{2\sqrt{P}\,\sqrt{P}} = \frac{dP}{2P}$$

$$\frac{dP}{P} = 2\frac{dq}{q}$$

∴ التغير فى الضغط = ضعف التغير فى التصرف

ووفقا لمواصفات الجمعية الأمريكية للهندسة الزراعية ASAE فإن التغير المسموح به فى التصرف هو ١٠% وهذا يقابله تغير مسموح به فى الضغط قدره ٢٠%. وعلى ذلك فإنه يمكن القول بأن:

- الفاقد المسموح به في الضغط لخط الرى يجب ألا يزيد عن ± ١٠% من متوسط ضغط التشغيل للرشاش.

$$\Delta H_\ell = \pm 0.10\, h_{av}$$

وهذا يعنى أن التغير الكلى المسموح به فى الضغط يساوى ٢٠% من متوسط ضغط التشغيل للرشاش.

$$\Delta H_\ell = 0.20\, h_{av}$$

* Total pressure variation in a lateral should not be more than +/- 10% of the average lateral operating pressure. This means that the total allowable pressure variation is 20% of the average operating pressure, h_{av}.

والمعادلة السابقة للفاقد المسموح به فى الضغط للخط الأفقى ولكتابة المعادلة فى الصورة العامة

$$\Delta H_\ell = 0.20\, h_{av} = H_f \pm H_e$$

$0.20\, h_{av} = H_f + H_e$ uphill

$0.20\, h_{av} = H_f - H_e$ downhill

$0.20\, h_{av} = H_f$ Level

ومن ذلك يتضح أن الفاقد المسموح به للاحتكاك داخل الخط H_f يكون أكبر ما يمكن فى حالة الخط يميل لأسفل وبذلك يمكن اختيار قطر أقل لخط الرى يليها الخط الأفقى ويكون أسوأ وضع هو للخط المنحدر لأعلى حيث يقل الفاقد المسموح به للاحتكاك داخل الخط إلى أقل قدر وذلك لأننا لن نقوم بطرح مقدرا الانحدار لأعلى من الفاقد المسموح به فى الضغط ($0.2\, h_{av}$). ولذلك يجب تلافى ميل الخط لأعلى بقدر الإمكان.

مثال على تصميم خط الري بالرش:

خط رى بالرش يحتوى على ١٠ رشاشات تصرف الرشاش ٢,٥ م٣/س والمسافة بين الرشاشات ١٢ متر والخط مصنوع من الألومنيوم (C = 146) ومتوسط ضغط التشغيل للرشاش (٣٠ متر) والخط يميل لأعلى ٠,٥% وارتفاع حامل الرشاش ٠,٧٥ متر.

الحل

$$h_{av} = 30 \text{ m}$$

$$0.20\, h_{av} = h_f + h_e$$

$$0.2\,(30) = h_f + (0.5/100) \times 120$$

الفاقد المسموح به فى الاحتكاك $H_f = 6 - 0.6 = 5.4$

من جدول معامل التخفيض نجد $F = 0.402$ عن عدد مخارج ١٠ انقوم بإيجاد قطر خط الرش من معادلة هيزن وليامز

$$h_f = \frac{1.22 \times 10^{10}\, L}{(D)^{4.87}} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \times F$$

$$5.4 = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 120}{(D)^{4.87}} \left(\frac{2.5 \times 10}{3.6 \times 146}\right)^{1.852} \times 0.402$$

$$D^{4.87} = 3.86994 \times 10^{8} \qquad D = 57.99 \text{ mm}$$

والضغط اللازم لتشغيل خط الرش عند بدايته h_n

$$h_n = h_{av} + \frac{3}{4} h_f + \frac{1}{2} h_e + h_r$$

$$= 30 + \frac{3}{4} \times 5.4 + \frac{1}{2}(0.6) + 0.75 = 35.1 \text{ m}$$

ونلاحظ هنا أننا للتوضيح أخذنا $D = 57.99$ ولكن من الناحية العملية نقوم باختيار القطر الأقرب ونقوم بإعادة التعويض فى معادلة هيزن وليامز بالقطر الذى تم اختياره وإيجاد h_f المعدلة تبعا للقطر وبالتالى سوف تتغير قيمة h_n.

الفاقد بالاحتكاك فى خط الرش ذو القطرين (التلسكوبى)

Friction Loss for Dual Pipe Size Laterals

Closed

$L_1, D_1, N_1,$ $L_2, D_2, N_2,$

الفاقد فى الاحتكاك فى خط الرش الذى يحتوى على قطرين بدلاً من قطر واحد وذلك للتوفير فى تكاليف الأنابيب باستخدام قطر أقل لجزء من الخط حيث يقل فيه التصرف المار نتيجة تناقص التصرف فى الخط ذو المخارج يمكن إيجاده عن طريق إيجاد الاحتكاك فى الخط كله بالقطر الأكبر D_1 ثم نطرح منه الاحتكاك فى الخط بطول L_2 وقطر D_1 ثم إضافة الاحتكاك فى الخط بطول L_2 وقطر D_2 كما يلى:

$$h_{f_a} = h_{f(L_1+L_2,D_1)} - h_{f(L_2,D_1)} + h_{f(L_2,D_2)}$$

حيث h_{f_a} : الفاقد الكلى للاحتكاك فى الخط أو الفاقد المسموح به للفاقد فى الضغط.

$h_{f(L_1+L_2,D_1)}$: الفاقد فى الاحتكاك للخط كله بالقطر الأكبر D_1

$h_{f(L_2,D_1)}$: الفاقد فى الاحتكاك لطول الخط L_2 بالقطر الأكبر D_1

$h_{f(L_2,D_2)}$: الفاقد فى الاحتكاك لطول الخط L_2 بالقطر الأصغر D_2

ونلاحظ هنا أننا عندما نحسب الاحتكاك فإننا نبدأ من نهاية الخط حيث التصرف صفراً.

وتوجد طريقة أخرى لإيجاد الاحتكاك فى خط الرش ذو القطرين باستخدام معادلة توزيع الفاقد فى الضغط والتى تم استنتاجها سابقا

$$\frac{h_{fx}}{h_f} = \left(\frac{x}{L}\right)^{m+1}$$

وبتعريف الحدود الآتية يمكن كتابة معادلة الاحتكاك بالخط ذو القطرين كما يلى

الفاقد فى الاحتكاك لطول الخط كله بالقطر الأكبر D_1

$$h_{f_1} = h_{f(L_1+L_2,D_1)}$$

الفاقد فى الاحتكاك لطول الخط كله بالقطر الأصغر D_2

$$h_{f_2} = h_{f(L_1+L_2,D_2)}$$

$$h_{f_a} = h_{f_1} - h_{f_1}\left(\frac{L_2}{L}\right)^{m+1} + h_{f_2}\left(\frac{L_2}{L}\right)^{m+1}$$

$$\frac{L_2}{L} = \left(\frac{h_{f_a} - h_{f_1}}{h_{f_2} - h_{f_1}}\right)^{\frac{1}{m+1}}$$

حيث: $L = L_1 + L_2$ $Q = Q_1 + Q_2$

ويمكن إيجاد ضغط التشغيل للخط ذو القطرين عند بدايته h_n كما يلى:

$$h_n = h_{av} + \frac{5}{8}h_f \pm \frac{1}{2}h_e + h_r$$

حيث:

h_{av} : ضغط التشغيل المتوسط للرشاش.

h_f : الفاقد فى الاحتكاك فى خط الرش ذو القطرين = h_{f_a}

h_e : فرق المنسوب بين بداية الخط ونهايته وإشارته موجبة إذا كان الانحدار لأعلى وسالب إذا كان الانحدار لأسفل ويساوى صفراً إذا كان الخط أفقى.

h_r : ارتفاع حامل أو قائم الرشاش Riser

مثال:

فى جنوب التحرير يتكون خط الرش النقالى من ٣٠ ماسورة ألومنيوم منهم ١٠ مواسير بقطر ٤ بوصة، ٢٠ ماسورة بقطر ٣ بوصة وطول الماسورة ٩ متر وتحتوى كل ماسورة على رشاش (RB 30) تصرفه ١,٨ م^3/س عند ضاغط ٣٠ متر وطول حامل الرشاش ٦٠ سم وسمك جدار الماسورة ٠,٠٥ بوصة ومعامل هيزن وليامز ١٣٠. أوجد الضاغط اللازم لتشغيل الخط عند بدايته. ثم تأكد من صحة التصميم وفى حالة الخطأ أعد التصميم بالطريقة الصحيحة.

الحــــل

D_i for 4″ = $D_o - 2t = (4 - 2 \times 0.05) \times 25.4 = 99.06$ mm

D_i for 3″ = $(3 - 2 \times 0.05) \times 25.4 = 73.66$ mm

بتطبيق معادلة هيزن وليامز وإيجاد قيمة F معامل التخفيض من الجداول

$$h_{f(L_1+L_2,D_1)} = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 270}{(99.06)^{4.87}} \left(\frac{1.8 \times 30}{3.6 \times 130}\right)^{1.852} \times 0.368$$

$$= 4.233 \text{ m}$$

$$h_{f(L_2,D_1)} = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 180}{(99.06)^{4.87}} \left(\frac{1.8 \times 20}{3.6 \times 130}\right)^{1.852} \times 0.376$$

$$= 1.361 \text{ m}$$

$$h_{f(L_2,D_2)} = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 180}{(73.66)^{4.87}} \left(\frac{1.8 \times 20}{3.6 \times 130}\right)^{1.852} \times 0.376$$

$$= 5.759 \text{ m}$$

$$h_{f_{total}} = 4.233 - 1.361 + 5.76 = 8.63 \text{ m}$$

$$h_a = 30 + \frac{5}{8}(8.68) + 0.6 = 36 \text{ m}$$

للتأكد من صحة التصميم يجب التأكد من أن الفاقد فى الاحتكاك داخل خط الرش لا يتعدى المسموح به وهو $0.20\ h_a$ كما يلى:

$0.20\ h_a = 0.2 \times 30 = 6$ m

$0.2\ h_a = h_f \pm h_e$

وحيث أن

وأن الخط أفقى حيث $h_e = 0.0$

وبذلك فإن الفاقد فى الاحتكاك $h_f = 8.63$ يتعدى المسموح به وهو ٦ متر $h_f > 0.2\ h_a$ وعلى ذلك يجب إعادة التصميم بحيث لا يتعدى الفاقد فى الاحتكاك فى خط الرش الحد المسموح به وهو ٦ متر كما يلى:

$0.20\ h_a = h_f + h_e$

$0.2 \times 30 = h_f + 0$

$\therefore h_{f_a} = 6$ m

وعند التعويض فى معادلة هيزن وليامز بالفاقد فى الاحتكاك ٦ متر ينتج من ذلك قطر ٩٢ مم أى يقع بين ٣ – ٤ بوصة. أى جزء من الخط ٤ بوصة والجزء الآخر ٣ بوصة. وعلى ذلك فإن

$$h_{f_1} = h_{f_{(L_1+L_2, D_1)}} = 4.233 \text{ m}$$

$$h_{f_2} = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 270}{(73.66)^{4.87}} \left(\frac{1.8 \times 30}{3.6 \times 130}\right)^{1.852} \times 0.368$$

$$= 17.92 \text{ m}$$

ولإيجاد الطول L_1 للقطر الأكبر D_1 والطول L_2 للقطر الأصغر D_2 نستخدم المعادلة التالية

$$L_2 = L\left(\frac{h_{f_a} - h_{f_1}}{h_{f_2} - h_{f_1}}\right)^{\frac{1}{2.8}}$$

$$L_2 = L\left(\frac{6 - 4.233}{17.92 - 4.233}\right)^{\frac{1}{2.8}}$$

$$L_2 = L\,(0.481)$$

$$\therefore N_2 = 0.481 \times 30 = 14.44 \cong 15$$

لذلك نأخذ $N_1 = N_2 = 15$

أى نصف الخط ٤ بوصة والنصف الآخر ٣ بوصة وفى هذه الحالة نقوم بحساب الفاقد الكلى بالاحتكاك فى الخط ونقارنه بالحد المسموح به

$$h_{f_{total}} = h_{f_1} + \left(\frac{L_2}{L}\right)^{2.8} \left[h_{f_2} - h_{f_1}\right]$$

$$h_{f_{total}} = 4.233 + \left(\frac{15}{30}\right)^{2.8} \left[17.92 - 4.233\right]$$

$$= 6.198 \text{ m}$$

وعلى ذلك فإن الفاقد فى الاحتكاك يساوى تقريبا الحد المسموح به وبذلك يتم التعديل بأن يكون خط الرش الذى يحتوى على ٣٠ ماسورة يكون نصف الخط ١٥ ماسورة بقطر ٤ بوصة والنصف الآخر ١٥ ماسورة بقطر ٣ بوصة.

تصميم الخط الرئيسى

Main line

يتم تصميم الخط الرئيسى بحيث لا تتعدى سرعة المياه داخلة للأنابيب البلاستيك ١,٥ م/ث (٥ قدم/ث) وللأنابيب المعدنية ٢ م/ث (٧ قدم/ث) لتجنب حدوث طرق المياه water hammer داخل الخط. وهناك قاعدة عامة Rule of thumb فى تصميم الخط الرئيسى لشبكة الرى هى:

- لاختيار قطر الخط الرئيسى تبدأ الحسابات بفرض فاقد فى الاحتكاك H_f يساوى ٧ متر (10 psi).
- وفى بعض الأحيان يصمم الخط بحيث لا يتعدى الفاقد المسموح به فى الضغط بالاحتكاك ٤م/١٠٠ متر طول أى (J = 4 m/ 100 m).
- وفى حالات أخرى نقوم بعمل موازنة من التوفير فى تكاليف المواسير للخط الأقل قطرا والزيادة فى تكاليف الطاقة نتيجة زيادة الاحتكاك وبالتالى القدرة اللازمة للضخ فى المواسير الأقل قطرا.

ومن الناحية العملية فإننا نقوم بإيجاد قطر الخط الرئيسى بحيث لا تتعدى سرعة المياه الحد المسموح به ثم نقوم بإيجاد الفاقد فى الاحتكاك لهذا القطر ونتأكد أنه لا يتعدى ٤ م لكل ١٠٠ متر طول.

ويمكن استخدام المعادلة الآتية مباشرة لإيجاد قطر الخط الرئيسى:

$$d = 18.8\sqrt{\frac{Q}{V}}$$

حيث: d : قطر الخط بالمم

Q: التصرف م³/س

V: سرعة المياه م/ث

مثال:

إذا كـان المطلـوب إيجـاد قطـر الخـط الرئيسـى الـلازم لامـرار تصـرف قدره ١٥ م³/س إذا كانت أقصى سرعة مسموح بها للمياه ١,٥ م/ث.

$$d = 18.8\sqrt{\frac{Q}{V}}$$

$$d = 18.8\sqrt{\frac{15}{1.5}} = 59.45 \text{ mm}$$

دعنا نـتأكد من أن الفـاقد فـى الضـاغط لا يـتعدى المسـموح بـه بالـتعويض فـى معادلة هيزن وليامز

$$H_f = \frac{1.22 \times 10^{10} L}{(D)^{4.87}} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852}$$

$$= \frac{1.22 \times 10^{10} \times 100}{(59.45)^{4.87}} \left(\frac{15}{3.6 \times 150}\right)^{1.852}$$

$$= 2794.0893 \times 1.31137 \times 10^{-3} = 3.664 \text{ m}$$

وبذلك يتضـح أن الفـاقد فـى الاحتكاك هو ٣,٦٦ متر/ ١٠٠ متر يقل من الحد المسموح به وهو ٤ م/ ١٠٠ م.

القطر الاقتصادى للخط الرئيسى

Economic Pipe Size

إذا تم اختيار قطر أقل من القطر الاقتصادى الأمثل فإن تكلفة الطاقة المفقودة فـى الاحتكاك تكون أكبر من الوفر فـى تكلفـة القطـر الأقل. أما إذا تم اختيار قطـر أكبر مـن القطر الاقتصـادى الأمـثل فـإن الفـرق فـى تكلفـة القطـر الأكبر تكون أكبر من الوفر فى تكلفة الطاقة المفقودة فى الاحتكاك. ولذلك فإن القطر الاقتصـادى الأمـثل للخط الرئيسـى هو ذلك القطـر الـذى يتسـاوى عنده التكلفة السنوية الثابتة للأنابيب مـع تكالـيف التشـغيل الناتجة عن ضخ المياه فى الخـط (Keller and Bliesner 1990). وتـتلخص عملـية إيجـاد القطـر الاقتصادى للخط الرئيسى فى:

١- اختيار الفروض المناسبة لكل من البيانات الآتية

التصـرف المطلـوب امراره – نوع مادة الأنابيب ومعامل هيزن وليامز المقـابل لهـا – العمـر الافتراضـى للأنابيب – تكلفـة المتر الطولـى من الأنابيـب – سـعر الفـائدة علـى رأس المـال – سـعر الكهـرباء بالكيلووات.ساعة أو سعر لتر الوقود – ساعات التشغيل السنوى لنظام الرى – كفاءة المضخة – كفاءة المحرك.

٢- اختيار عدة أقطار مناسبة للتصرف المطلوب امراره.

٣- إيجاد الاحتكاك فى المواسير متر/ ١٠٠ متر.

٤- إيجاد الوفر فى تكلفة المواسير نتيجة اختيار القطر الأقل.

٥- إيجاد تكلفة الطاقة نتيجة اختيار القطر الأقل.

٦- تحديد القطر الذى عنده الوفر فى تكلفة المواسير أقل من أو يساوى الزيادة فى تكلفة الطاقة فيكون هذا هو القطر الاقتصادى الأمثل.

ويمكن إيجاد الوفر فى تكلفة المواسير باستخدام المعادلة الآتية:

$$\text{Pipe cost saving} = (C_{pb} - C_{ps})\ CRF$$

حيث: CRF: معامل استرداد رأس المال ويعتمد على سعر الفائدة والعمر الافتراضى للمواسير.

C_{pb} : تكلفة المواسير ذات القطر الأكبر بالجنيه للمتر.

C_{ps} : تكلفة المواسير ذات القطر الأصغر بالجنيه للمتر.

ومعامل استرداد رأس المال Capital Recovery Factor يمكن إيجاده من الجداول أو حسابه من المعادلة الآتية:

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

حيث i : سعر الفائدة السنوية على رأس المال كنسبة كسرية

n: العمر الافتراضى للمواسير أو سنوات الاستهلاك (سنة)

ولتسهيل عملية إيجاد أسعار المواسير للمتر الطولى بالنسبة للأقطار المختلفة يمكن استخدام المعادلات الآتية التى تربط بين كثافة مادة الأنابيب والقطر وسمك جدار الأنبوبة وتكلفة وزن كيلو جرام من المادة الخام للأنابيب resin cost واتباع طريقة تكلفة وزن كيلو جرام من مادة الأنبوبة يجعل السعر متوافق consistent لجميع الأقطار أى الأسعار مبنية على أساس واحد.

ومعادلة حساب تكلفة المتر من المواسير هى:

$$C_p = \frac{(D_o - t) \times \pi \times \gamma \times C_w}{1000}$$

حيث: Cp : تكلفة المتر من الأنابيب (جنيه/متر)

Do : القطر الخارجى للأنبوبة (مم)

t : سمك جدار الأنبوبة (مم)

γ : كثافة مادة الأنبوبة (جرام/ سم^3)

$\gamma = 1.5\ gm/cm^3$	For PVC	للأنابيب PVC
$\gamma \cong 1.9\ m/cm^3$	For PE	للأنابيب البولى إيثيلين
$\gamma = 7.845\ gm/cm^3$	For iron	للمواسير الحديد

C_w : سعر الكيلو جرام من مادة الأنبوبة. وهى تساوى حسب سعر السوق

$C_w = 5.1$ L.E/kg	For PVC
$C_w = 7$ L.E/kg	For PE
$C_w = 3$ L.E/kg	For iron

ويتم حساب الزيادة فى تكاليف الطاقة بالجنيه لكل متر من المواسير المعادلة الآتية:

$$\text{Energy cost increase} = \frac{(J_s - J_b) C_{KH} . Q_s . T_s}{3.6 \times 10^4\ E_p . E_m}$$

حيث: J_s : الفاقد فى الاحتكاك للأنبوبة الأقل قطرا بالمتر/ ١٠٠ متر طول.

J_b : الفاقد فى الاحتكاك للأنبوبة الأكبر قطرا بالمتر/ ١٠٠ متر طول.

C_{KH} : سعر استهلاك الكهرباء جنيه/ كيلووات.ساعة أو سعر الطاقة فإذا كان المحرك ديزل فيحسب استهلاك الوقود للمحرك بدلالة قدرته بالحصان ثم يتم حساب تكلفة الوقود وبالتالى تكلفة الطاقة لكل كيلووات.ساعة.

Q_s : التصرف المار فى خط الأنابيب م³/ س

T_s : عدد ساعات التشغيل السنوى للمضخة.

E_p : كفاءة المضخة نسبة كسرية.

E_m : كفاءة المحرك نسبة كسرية.

ولإيجاد استهلاك الوقود لمحرك الديزل تستخدم المعادلة التالية:

استهلاك محرك الديزل (لتر سولار/ ساعة) = ٠,٢٥ × قدرة المحرك الفرملية بالحصان

$$C_{KH} = \frac{0.25 \times HP \times C_o}{1.36}$$

حيث: C_o : سعر لتر السولار وهو حسب سعر السوق = ٠,٤ جنيه/ لتر.

HP : قدرة المحرك الفرملية بالحصان.

1.36 : ثابت تحويل الحصان إلى كيلووات.

مثال:

أوجد القطر الاقتصادى الأمثل لامرار تصرف ٣٦ م³/ س فى خط رئيسى من PVC على فرض البيانات الآتية:

سعر الكيلو PVC = ٥,٦٣ جنيه/ كجم.

العمر الافتراضى للأنابيب = ١٥ سنة.

سعر الكهرباء المدعم للخريجين = ٠,٠٧ جنيه/ كيلووات.ساعة.

سعر الفائدة على رأس المال = ١٥%.

ساعات التشغيل السنوى = ٢٠٠٠ ساعة/ سنة.

كفاءة المضخة = ٠,٦٥

كفاءة المحرك = ٠,٨٥

معامل هيزن وليامز = ١٥٠

Di mm	J m/100m	Cost L.E/m	Pipe cost saving L.E/m	Energy cost increase L.E/m	V (m/s)
59.2	18.77	3.16	-	-	3.63
70.6	7.96	4.40	0.21	2.739	2.55
84.6	3.29	6.36	0.34	1.1833	1.78
103.6	1.23	9.23	0.49	0.5219	1.19

فى الجدول السابق يحتوى العمود الأول على القطر الداخلى لخط الأنابيب أما العمود الثانى فيحتوى على الفاقد فى الاحتكاك بالمتر/ ١٠٠ متر ونحصل عليه من معادلة هيزن وليامز. العمود الثالث يحتوى على تكلفة خط المواسير بالجنيه للمتر وهذا نحصل عليه إما مباشرة من الأسواق أو نحصل عليه من حاصل ضرب وزن المتر الطولى من الماسورة فى سعر الكيلو جرام من مادة PVC وهو يساوى هنا ٥,٦٣ جنيه/كيلو جرام. العمود الرابع وهو التوفير فى سعر المواسير ونحصل عليه من فرق السعر للمتر من المواسير من العمود السابق وضربه فى معامل استرداد رأس المال CRF وهو يساوى هنا.

$$CRF = \frac{0.15(1+0.15)^n}{(1+0.15)^n - 1} = 0.171$$

العمود الخامس عبارة عن الزيادة فى تكاليف الطاقة ونحصل عليها من معادلة حساب الزيادة فى تكاليف الطاقة.

وبالنظر فى الجدول نجد أن الوفر فى تكاليف الأنابيب يتزايد من ٠,٢١ جنيه/ متر إلى ٠,٤٩ جنيه/ متر أما الزيادة فى تكلفة الطاقة فتتناقص

كلما زاد القطر من ٢,٧٣٩ جنيه/ متر إلى أن تصل إلى ٠,٥٢١٩ جنيه/ متر وبذلك نختار القطر الداخلى ١٠٣,٦ مم (خارجى ١١٠ مم) الذى عنده يتساوى تقريبا الوفر فى تكلفة الأنابيب ٠,٤٩ جنيه/ متر مع تكلفة الزيادة فى الطاقة وهى ٠,٥٢ جنيه/ متر. ونلاحظ هنا أنه عند هذا القطر تكون سرعة المياه ١,١٩ متر/ث بينما فى القطر الأصغر وهو ٨٤,٦ مم تكون سرعة المياة ١,٧٨ متر/ث أى تتعدى السرعة المسموح بها وهى ١,٥ م/ث.

ويلاحظ أنه إذا زاد سعر الطاقة (سعر الكيلووات.ساعة) فإن الاتجاه يكون نحو القطر الأكبر أما إذا زاد سعر الأنابيب فإن الاتجاه يكون نحو اختيار القطر الأصغر.

تصميم الخط الرئيسى فى حالة الرى بالرش النقالى:

أولا: تصميم الخط الرئيسى فى حالة خط رش واحد Design with single lateral

فى حالة خط فردى يتم التصميم عندما يكون الخط فى أبعد نقطة على الخط الرئيسى ويتم اختيار قطر الخط الرئيسى بحيث لا يتعدى الفاقد المسموح به فى الاحتكاك. وفى حالة وجود خطين يتم التصميم عندما يكون الخطين فى أبعد نقطة على الخط الرئيسى ويتم اختيار قطر الخط الرئيسى بحيث لا يتعدى الفاقد فى الاحتكاك الحد المسموح به. Friction loss not exceeding the allowable limit

خطين رش Two　　　خط فردى Single

الخط الرئيسى

المضخة　pump　　　pump

ثانيا: تصميم الخط الرئيسى فى حالة تقسيم حركة خطوط الرش

Design with split-line layout

عندما يوجد أكثر من خط (٢، ٣، ...) يتم دوران الخطوط حول الخط الرئيسى وبذلك يسمى التخطيط split-line وذلك بهدف

١- معادلة الحمل على المضخة بصرف النظر عن وضع الخطوط على الخط الرئيسى.

٢- تقليل نقل الخطوط إلى موضع البداية beginning point.

٣- تقليل تكاليف الخط الرئيسى.

ولنأخذ عملية تصميم الخط الرئيسى والذى فيه يتحرك خط فى جانب واحد من الخط الرئيسى ويتحرك الآخر فى الجانب الآخر فى عكس الاتجاه فعند التقاء الخطين فى المنتصف يمر التصرف كله Q فى نصف الخط الرئيسى بينما لا يمر أى تصرف فى النصف الآخر من الخط وبذلك يكون

الاحتكاك فى الخط H_{f_1} للتصرف Q وترفع المضخة فرق المنسوب للنصف الأول وهو E_1.

أما فى حالة وصول الخط للنهاية يكون الخط الآخر فى بداية الخط الرئيسى وبذلك فإن $\frac{Q}{2}$ تمر فى الخط كله وترفع المضخة فرق المنسوب كله أى $E_1 + E_2$ ويكون الاحتكاك للخط كله H_{f_2} ويمر به نصف التصرف $\frac{Q}{2}$

وبذلك يكون أصغر قطر أنابيب هو الذى يتساوى فيه $H_{f_1} = H_{f_2} + E2$

ويمكننا كتابة الضاغط المطلوب من المضخة فى الحالتين:

$$H_m = h_n + H_{f_1} + E_1$$

$$H_m = h_n + H_{f_2} + (E_1 + E_2)$$

أما إذا كان الخط أفقى فإن $H_{f_1} = H_{f_2}$

مثال: لنعتبر مثال خط الرش النقالى بجنوب التحرير وهو خط يحتوى على ٣٠ رشاش وتصرف الخط ٥٤م^3/س والخط الرئيسى يحتوى على خطين وطول الخط الرئيسى ٢٧٠ متر حيث أن عدد الأوضاع للخط الواحد ١٥ نقلة والمسافة بين الأوضاع ١٨ متر. والمطلوب تصميم قطر الخط الرئيسى بحيث لا يتعدى الفاقد فى الاحتكاك ٧ متر.

لنعتبر الحالة الأولى والتى فيها يتقابل الخطين عند منتصف الخط الرئيسى أى عند مسافة ١٣٥ متر والتصرف الذى يمر فى الخط الرئيسى فى هذه الحالة هو تصرف الخطين ١٠٨م^3/س ولنعتبر الخط من PVC ($C = 150$) وبالتعويض فى معادلة هيزن وليامز لإيجاد قطر نصف الخط الرئيسى نجد

$$7 = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 135}{D^{4.87}} \left(\frac{108}{3.6 \times 150} \right)^{1.852}$$

$D = 117.26$ mm

وبذلك نجد أن أقطار المواسير PVC ضغط ٦ جوى المتوافرة فى الأسواق هى

D_o (mm)	90	110	125	160
D_i (mm)	84.6	103.6	117.6	150.6

وعلى ذلك نختار قطر ٥ بوصة (١٢٥ مم قطر خارجى)

والحالة الثانية هو عندما يكون خط الرش فى نهاية الخط الرئيسى والآخر فى بدايته وبذلك فإن التصرف الذى يمر فى الخط الرئيسى فى هذه الحالة هو ٥٤ م^3/ س لمسافة طول الخط الرئيسى كله ٢٧٠ متر. لذلك فإن التصرف ٥٤ م^3/ س سوف يمر أولا فى نصف الخط الذى قطره ٥ بوصة (١١٧,٦ مم قطر داخلى) وبذلك نوجد الفاقد فى الاحتكاك فى هذا الجزء بالتعويض فى معادلة هيزن وليامز.

$$H_{f_1} = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 135}{(117.6)^{4.87}} \left(\frac{54}{3.6 \times 150} \right)^{1.852}$$

$$= 1.91 \text{ m}$$

وبذلك فإن الجزء المتبقى من الحد المسموح به للفاقد فى الاحتكاك هو

$$H_{f_2} = H_{f_a} - H_{f_1}$$

$$= 7 - 1.91 = 5.09 \text{ m}$$

وبالتعويض فى معادلة هيزن وليامز لإيجاد قطر النصف الثانى من الخط الرئيسى

$$5.09 = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 135}{D^{4.87}} \left(\frac{54}{3.6 \times 150} \right)^{1.852}$$

$$D = 96.2 \text{ mm}$$

وعلى ذلك نختار القطر الأقرب وهو ٤ بوصة (١٠٣,٦ مم داخلى – ١١٠ مم قطر خارجى). وذلك لأنه من الناحية العملية لا يمكن اختيار قطر الخط الرئيسى أقل من قطر خط الرش الذى يبدأ بقطر ٤ بوصة كما سبق استنتاجه من قبل.

<u>تصميم الخط الرئيسي متعدد الأقطار (التلسكوبى)</u>

على فرض أن الحد المسموح به للاحتكاك فى الخط الرئيسى هو H_{f_a} وقمنا بالتعويض فى معادلة هيزن وليامز لإيجاد قطر الخط وكان الناتج يقع بين قطرين أى جزء من القطر الأصغر وبقية الخط القطر الأكبر. ويمكن تعيين مسافة كل قطر من المعادلة التالية:

$$H_{f_a} = X . J_2 + (L - X) . J_1$$

H_{f_a} : الحد المسموح به للفاقد فى الاحتكاك فى الخط.

X : طول الخط للقطر الأصغر بالمتر / ١٠٠ متر.

J_2 : الفاقد فى الاحتكاك للقطر الأصغر بالمتر / ١٠٠ متر.

J_1 : الفاقد فى الاحتكاك للقطر الأكبر بالمتر / ١٠٠ متر.

(L - X) : طول الخط للقطر الأكبر بالمتر/ ١٠٠ متر.

$$X = \frac{H_{f_a} - J_1 . L}{J_2 - J_1}$$

مثال:

صمم قطر خط رئيسى يمر به تصرف ٥٠م^3/ س بحيث لا يتعدى الفاقد فى الضغط ٧ متر. والخط مصنوع من PVC (C = 150) وكان طول الخط ٤٥٠ متر.

الحـــل

بالتعويض فى معادلة هيزن وليامز

$$7 = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 450}{D^{4.87}} \left(\frac{50}{3.6 \times 150} \right)^{1.852}$$

$D = 112.0$ mm

وبذلك يكون جزء من الخط ٥ بوصة (١١٧,٦ مم قطر داخلى) والجزء الآخر ٤ بوصة (١٠٣,٦ مم قطر داخلى)

$$J_1 = \frac{1.22 \times 10^{12}}{(117.6)^{4.87}} \left(\frac{50}{3.6 \times 150} \right)^{1.852} = 1.228 \text{ m/100 m}$$

$$J_2 = \frac{1.22 \times 10^{12}}{(103.6)^{4.87}} \left(\frac{50}{3.6 \times 150} \right)^{1.852} = 2.278 \text{ m/100 m}$$

$$X = \frac{7 - 1.228 \frac{450}{100}}{2.278 - 1.228}$$

$$= 1.4038 \text{ m/100 m}$$

$$X = 1.4038 \times 100 = 140.38 \text{ m}$$

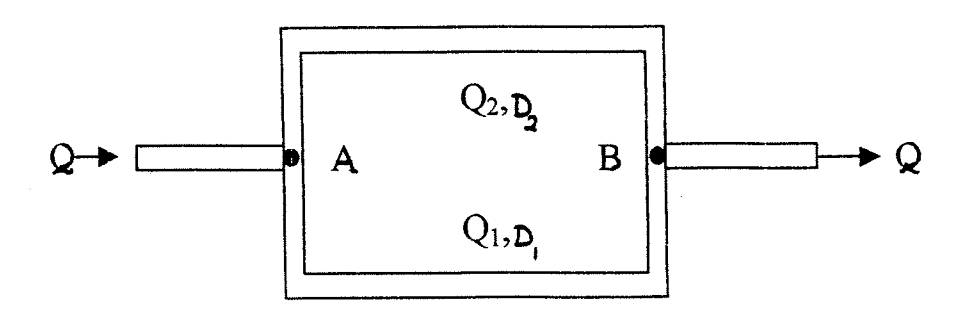
وبذلك يكون الخط الرئيسي

$L_1 = (450 - 140) = 310$ m $D_1 = 5''$ (125 mm)

$L_2 = 140$ m $D_2 = 4''$ (110 mm)

الاحتكاك فى الأنابيب المختلفة الأقطار المتصلة على التوازى

riction loss in parallel pipes of different sizes



الشكل يوضح خط أنابيب يمر به تصرف Q يتم تقسيمه عند العقدة A بحيث يمر التصرف Q_2 فى الخط ذات القطر الأصغر D_2 ويمر تصرف Q_1 فى الخط ذات القطر الأكبر D_1 إلى عقدة الالتقاء B حيث يمر التصرف الكلى Q مرة أخرى فى الخط وبذلك فإن

$$Q = Q_1 + Q_2$$

وحيث أن السريان يبدأ فى الانقسام عند العقدة A ثم يلتقى مرة أخرى عند العقدة B فإن الفاقد فى الضغط من العقدة A إلى العقدة B يساوى H_L وهو يساوى كل من الفاقد فى الخط الأصغر H_{L1} والفاقد فى الخط الأكبر H_{L2} أى أن

$$H_L = H_{L_1} + H_{L_2}$$

أى أن التصرف يتم توزيعه عند العقدة A فى الخطين بحيث يتساوى الفاقد فى الضغط فى كل منهما.

وبقسمة معادلة التصرف على Q_1 نحصل على

$$\frac{Q}{Q_1} = 1 + \frac{Q_2}{Q_1}$$

وبكتابة المعادلة العامة للاحتكاك

$$H_f = K\,D^{-n}\,L\,Q^m$$

$$H_{L_1} = H_{L_2}$$

$$K\,D_1^{-n}\,L\,Q_1^m = K\,D_2^{-n}\,L\,Q_2^m$$

$$\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^m = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^n$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{\frac{n}{m}}$$

وباستخدام معادلة Q السابقة تحصل على

$$\frac{Q}{Q_1} = 1 + \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{\frac{n}{m}}$$

حيث أنه فى معادلة هيزن وليامز $m = 1.852$ $n = 4.87$

مثال:

المطلوب تصميم خط رئيسى طوله ٣٠٥ متر يحمل تصرف ١٨٣ لتر/ث من مضخة توربينية إلى حدود المزرعة وتنص متطلبات التصميم على ألا تتعدى سرعة المياه داخل خط المواسير ١,٥ م/ث ولا يتعدى الفاقد فى الاحتكاك فى الخط الرئيسى ١,٨٥ متر. وكان أكبر قطر متاح للمشروع من الأنابيب البلاستيكية PVC هو ١٢ بوصة (٣٠٤,٨ مم داخلى) – ١٠ بوصة (٢٥٦ مم داخلى). والمطلوب إيجاد قطر الأنابيب التى يمكن أن تستخدم لتحقيق شروط التصميم.

الحل

يمكن إيجاد أقصى تصرف يمر في الخط بقطر ١٢ بوصة كما يلى

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 \times V$$

$$Q_1 = \frac{V \times D^2}{353.68}$$

$$= \frac{1.5 \times (304.8)^2}{353.68} = 394 \ m^3/h = 109.5 \ \ell/s$$

$$Q_2 = Q - Q_2$$

$$= 183 - 109.5 = 73.5 \ \ell/s$$

لإيجاد القطر الآخر للخط D_2 نستخدم معادلة الأنابيب على التوازى

$$\left(\frac{Q}{Q_1} - 1\right) = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{\frac{n}{m}}$$

$$\left(\frac{183}{109.5} - 1\right) = \left(\frac{D_2}{304.8}\right)^{\frac{4.87}{1.852}}$$

$$D_2 = 261.9 \ mm \cong 10''$$

ويجب التأكد من أن شرط كل من سرعة المياه والفاقد فى الاحتكاك لا يتعدى الحد المسموح به

$$V_2 = \frac{353.68 \times Q_2}{D_2^2}$$

$$= \frac{353.68 \times (73.5 \times 3.6)}{(256)^2} = 1.4 \ m/s \qquad < 1.5 \ m/s$$

وبالتعويض فى معادلة هيزن وليامز لأى من القطرين

$$H_f = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 305}{256^{4.87}} \left(\frac{73.5}{150}\right)^{1.852} = 1.85 \text{ m}$$

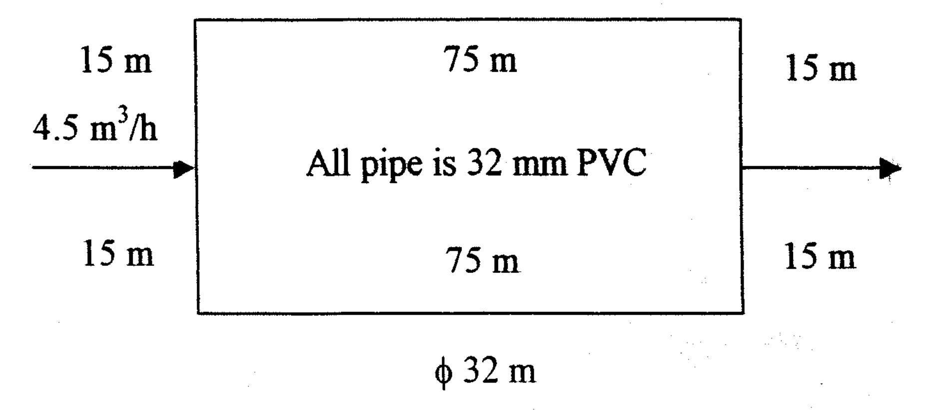
حلقات الأنابيب

Pipe Loops

تستخدم حلقات الأنابيب لتقليل الفواقد بالاحتكاك friction losses أو مقاس الأنابيب pipe sizes.

١- الحلقات المتوازنة Balanced loops

ومثال الحلقات المتوازنة من الأنابيب أن تتفرغ شبكة الأنابيب عند العقدة إلى طول متماثل وقطر متماثل من الأنابيب إلى أن تلتقي في العقدة الأخرى كما في الشكل



- كل جانب من الحلقة (كل فرع من خط الأنابيب) طوله ١٠٥ متر.
- ينقسم التصرف إلى نصفين ٢,٢٥ م٣/ س في كل جانب.
- يحسب الفاقد في الاحتكاك لتصرف ٢,٢٥ م٣/ س في خط أنابيب PVC قطره ٣٢ مم.

فنجده من الجدول 4 m/ 100 m × (105/100) = 4.2 m

أي أن الفاقد في كلا الجانبين متساوى ويساوى ٤,٢ متر.

٢- الحلقات غير المتوازنة Unbalanced loops

في الحلقات الغير متوازنة من الأنابيب يختلف طول كل فرع عن الآخر ولكن لا يزال قطر الفرعين متساوى كما في المثال التالي:

4.5 m³/h

21 m — 60m - ϕ 32 m PVC

63 m

42 m — 60m - ϕ 32 m PVC

الفرع العلوى = ٨١ متر.

الفرع السفلى = ١٦٥ متر.

الطول الكلى = ١٦٥ + ٨١ = ٢٤٦ متر.

التصرف الكلي = ٤,٥ م٣/ س

١/٢ التصرف الكلى = ٢,٢٥ م٣/ س.

١/٢ الطول الكلى للشبكة = ١٢٣ متر.

الفاقد في الاحتكاك لخط أنابيب بقطر ٣٢ مم PVC وبتصرف ٢,٢٥ م٣/ س من الجداول يساوى ٤ م/ ١٠٠ م.

وبالتالي فإن الاحتكاك في الفرعين متساوى ويساوى

Loss in the loop   4 m / 100 m × (123/100) = 4.92

أى أن القاعدة العامة Rule of thump لإيجاد الاحتكاك فى الحلقة غير المتوازنة هو أن نجد التصرف الكلى والطول الكلى للحلقة ثم نكشف عن الاحتكاك فى الخط لنصف تصرف الحلقة ونصف طول الحلقة. وبذلك فإن الاحتكاك فى الفرعين يتساوى ولكن واقعيا فإن التصرف فى الفرع العلوى سوف يكون أكبر من التصرف المار فى الفرع السفلى وذلك لأن طول الفرع العلوى أقل من طول الفرع السفلى للحلقة وحيث أن التصرف يتوزع داخل الحلقة بحيث يتساوى الفاقد فى الضغط فى الطرفين فإنه لكى يحدث ذلك فلابد أن يمر تصرف أكبر فى الطول الأقل وتصرف أقل فى الطول الأكبر.

الفاقد فى الضغط لشبكة الرى

Head losses calculation for irrigation

للقيام بحساب الفاقد فى الضغط لشبكة الرى نقوم أولا بتحديد مسار المياه فى الشبكة من المضخة حتى أبعد نقطة فى الشبكة وتشمل:

١- خط التغذية — Supply line

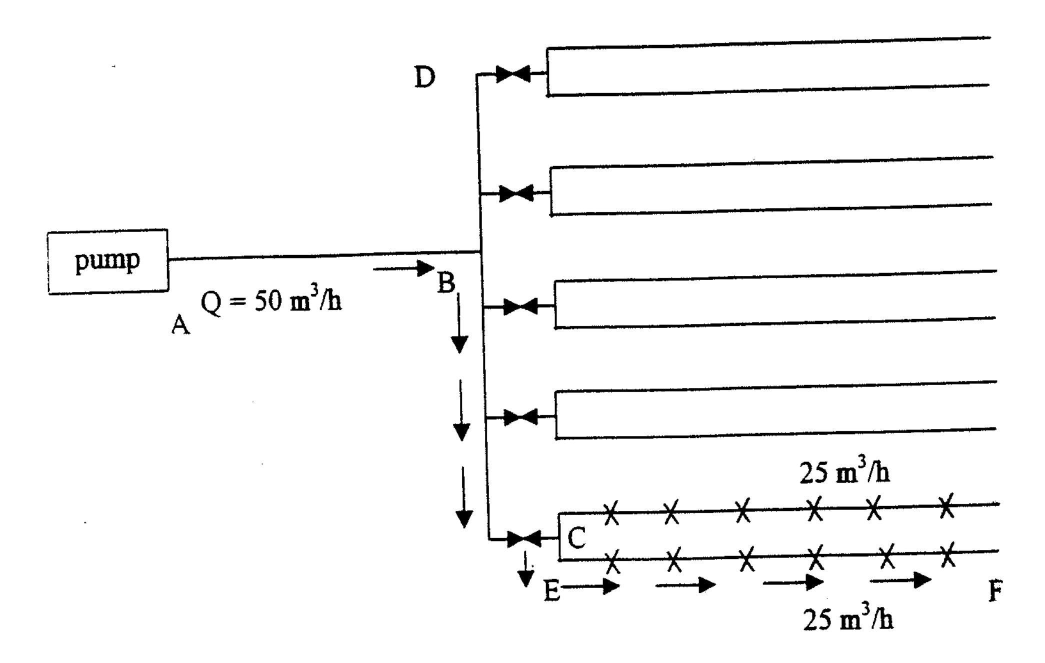
٢- الخط الرئيسى — Main line

٣- الخط الفرعى — Sub-main

٤- خط الرش — Lateral line

وخلال مسار المياه توجد وصلات ومحابس يتم حسابها وإضافتها إلى الفواقد فى الاحتكاك وعادة يتم إضافتها بنسبة ٢٠% من الفاقد فى الاحتكاك فى خط الأنابيب.

وعند اختيار مسار المياه فى الشبكة يجب اختيار المسار الذى يحدث فيه أقصى فاقد فى الضغط خلال الشبكة كما هو واضح فى الشبكة التالية وهو المسار ABCEF



Head losses in line AB with $Q = 50\ m^3/h$

Head losses in line BC with $Q = 50\ m^3/h$

Head losses in line CE with $Q = 25\ m^3/h$

Head losses in line EF with $Q = 25\ m^3/h$

وشبكة الرى بالرش السابقة تتكون من ٥ محابس أو ٥ قطع block يتم فتح المحابس على التعاقب بمعنى أن يتم الرى قطعة قطعة. ونلاحظ هنا أن نقوم بتصميم خط رش واحد EF وهو يمثل باقى خطوط الرش. وأيضا نقوم بتصميم مشعب واحد وهو CE وأيضا خط فرعى واحد هو BC ثم أخيراً

الخط الرئيسى AB. ثم تضاف هذه الفواقد لإيجاد الضاغط المانومترى المطلوب من المضخة. ويجب التنبيه بعدم جمع أى فواقد في الضغط خارج مسار المياه الذى تم تحديده وهو ABCEF وأيضا يجب التعامل مع خط الرش على أساس الضغط اللازم لتشغيله h_n بحيث لا يجب دخول الفاقد فى الضغط داخل خط الرش فى الحسابات مرتين لأن h_n تحتوى داخلها على الفاقد فى خط الرش وعلى فرق المنسوب وعلى متوسط ضغط تشغيل الرشاش كما سبق توضيحه.

تحديد أقصى سحب للمضخة

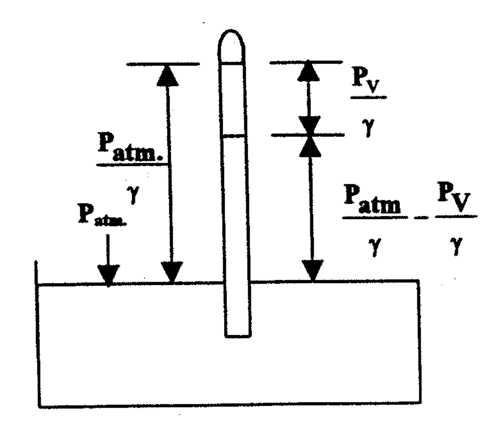
Maximum Practical Suction Lift

إذا افترضنا أنبوبة بارومترية كما فى الشكل فإنه نتيجة الضغط الجوى يرتفع عمود الماء داخل الأنبوبة البارومترية بمقدار $\frac{P_{atm}}{\gamma}$ ولكن نتيجة لتكون بخار الماء داخل الفراغ لزيادة درجة الحرارة عن الصفر فإن ضغط هذا البخار يقوم بالضغط على سطح الماء فى الأنبوبة وتخفيضه بمقدار $\frac{P_V}{\gamma}$

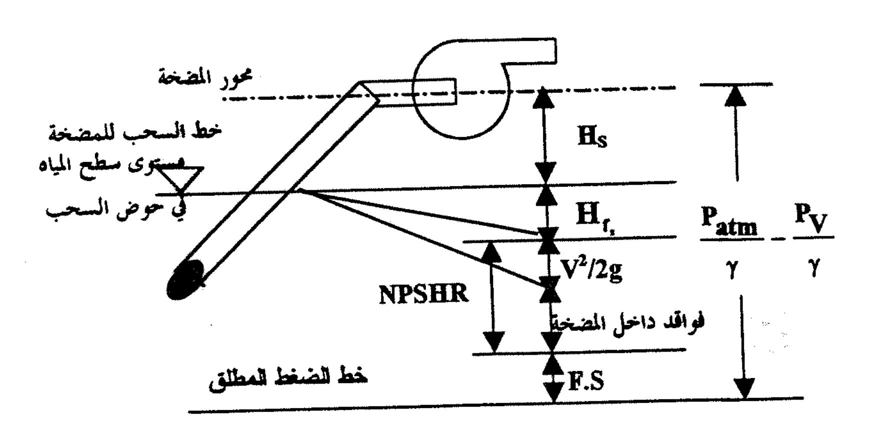
ويكون نتيجة ذلك هو أن ارتفاع عمود الماء فى الأنبوبة البارومترية هو $\frac{P_{atm}}{\gamma} - \frac{P_V}{\gamma}$ وهذا يعتبر الضاغط الجوى الفعلى عند درجة الحرارة الفعلية.

وهذا يعنى أننا إذا قمنا بوضع أنبوبة مفتوحة الطرفين فى الماء وقمنا بشفط الماء لأعلى فإننا نتوقع صعود الماء فى الأنبوبة لارتفاع لا يزيد عن $\frac{P_{atm}}{\gamma} - \frac{P_V}{\gamma}$ ولكن يوجد فواقد فى الضغط داخل الأنبوبة نتيجة احتكاك الماء

نتيجة السريان فى الأنبوبة يكون نتيجته التخفيض فى ارتفاع المياه أيضا. ولتطبيق ذلك على خط السحب للمضخة يمكن توضيح ذلك كما بالشكل



ارتفاع عمود الماء في الأنبوبة البارومترية



$$\frac{P_{atm}}{\gamma} - \frac{P_V}{\gamma} = H_s + H_{f_s} + NPSHR + F.S$$

حيث:

$\frac{P_{atm}}{\gamma}$: الضاغط الجوى بالمتر وهو يعتمد على منسوب المنطقة فوق سطح البحر

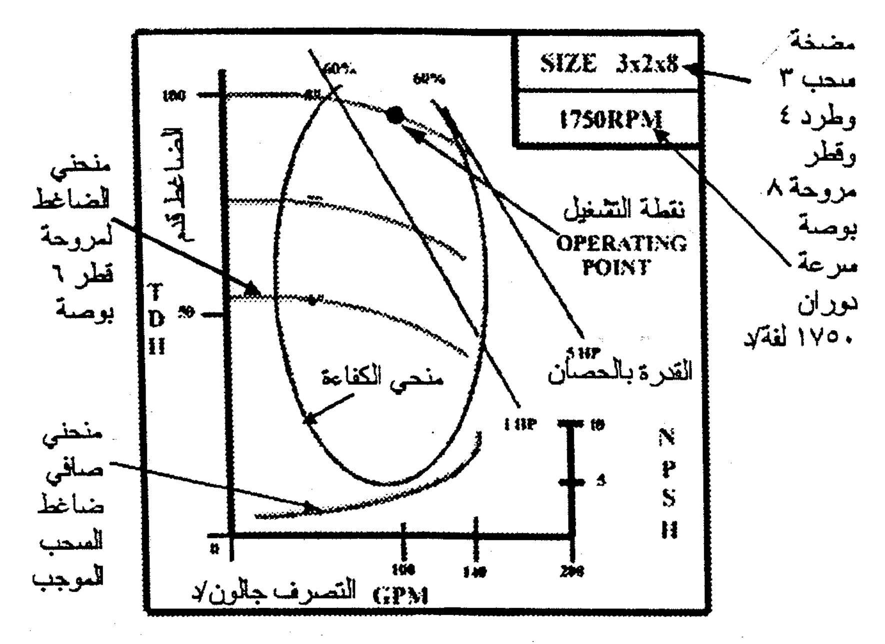
$\frac{P_V}{\gamma}$: الضاغط البخارى بالمتر وهو يعتمد على درجة حرارة التشغيل.

H_s : وهو أقصى سحب للمضخة (أقصى ارتفاع للمضخة فوق سطح المياه فى حوض السحب) بالمتر.

H_{f_s} : مجموع الفواقد فى خط السحب بالمتر (فواقد الاحتكاك والانحناءات والمصفاه ومحبس القدم (Foot Valve

NPSHR : صافى ضاغط السحب الموجب المطلوب للمضخة وهو عبارة عن فواقد الضغط داخل المضخة وتعطى بدلالة تصرف المضخة فى منحنيات أدائها. Net positive suction head required

F.S : معامل أمان يؤخذ مساويا ٠,٦١ متر (٢ قدم) Factor of safety.



مثال لمنحنى أداء مضخة طاردة مركزية

ويتأثر الضاغط الجوى بالمنسوب E أى الارتفاع عن مستوى سطح البحر كما يلى:

$$\frac{P_{atm}}{\gamma} = 10.33 - 0.00108\ E$$

حيث: E: منسوب المنطقة عن سطح البحر بالمتر.

ويمكن إيجاد ضاغط البخار $\frac{P_v}{\gamma}$ بالمتر بدلالة درجة حرارة الجو درجة مئوية كما يلى

t (°C)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$\frac{P_v}{\gamma}$ (m)	0.06	0.09	0.13	0.17	0.24	0.32	0.43	0.58	0.76	0.99	1.28

مثال:

احسب أقصى سحب لمضخة تضخ المياه بتصرف ٠,٣٨ م^3/ث وكانت درجة حرارة التشغيل ٢٠°م. والفواقد فى ماسورة السحب متضمنة الفواقد فى المصفاه ومحبس القدم ١,٥٨م وكان منسوب المضخة ٣٠٥ متر فوق سطح البحر. ومن منحنيات أداء المضخة وجد أن صافى ضاغط السحب الموجب المطلوب عند التصرف المعطى يبلغ ٤,٨٣ متر.

الحل

$$\frac{P_{atm}}{\gamma} = 10.33 - 0.00108\ E$$

$$= 10.33 - 0.00108\ (305) = 10\ m$$

$$\frac{P_{atm}}{\gamma} = 0.24$$ من الجدول

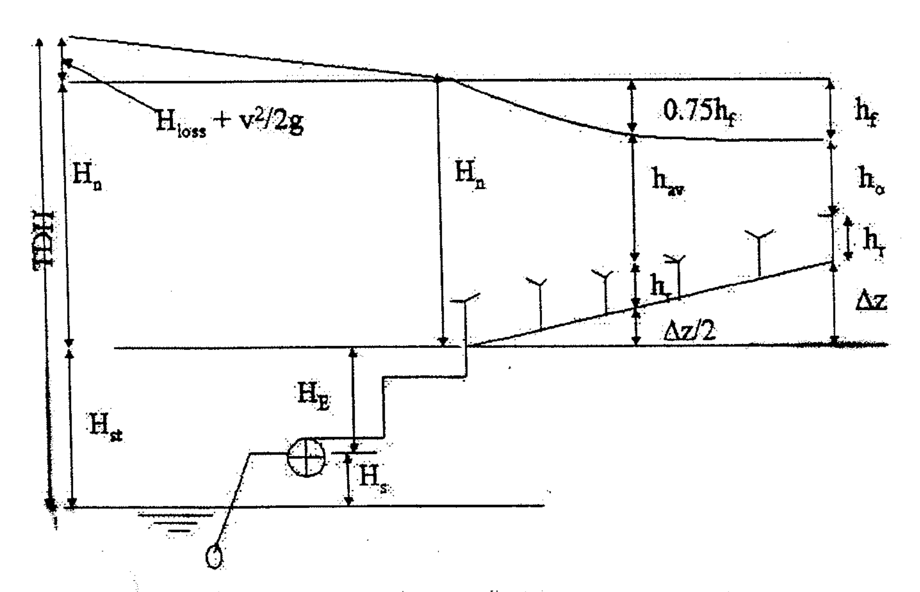
$$\frac{P_{atm}}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} = H_s + H_{f_s} + NPSHR + F.S$$

$$10 - 0.24 = H_s + 1.58 + 4.83 + 0.61$$

$$H_s = 2.75 \text{ m}$$

قدرة المضخة اللازمة لتشغيل شبكة الري

يسمى الضاغط اللازم لتشغيل شبكة الرى بالضاغط الديناميكى الكلى للمضخة TDH وهو عبارة عن الضاغط المانومترى للمضخة H_m وهو يساوى



حساب الضاغط الديناميكي الكلي للمضخة اللازمة لتشغيل شبكة الري

$$TDH = H_{st} + H_{loss} + \frac{v^2}{2g} + h_n$$

$$TDH = H_s + H_E + h_n + H_f + NPSHR$$

حيث: H_s: الإرتفاع بين مركز المضخة وأقل منسوب لسطح المياه فى حوض السحب.

H_E: الفرق في المنسوب بين مركز المضخة وأقصى ارتفاع على الخط الرئيسى.

H_f: الفواقد فى الاحتكاك فى خطى السحب والطرد للخط الرئيسى.

NPSHR: صافى ضاغط السحب الموجب المطلوب للمضخة وهو عبارة عن الفواقد التى تحدث داخل المضخة وصاغط السرعة وتعطى فى منحنيات أداء المضخة. (Net positive suction head required)

h_n: ضاغط تشغيل خط الرى عند بدايته.

$$h_n = h_{av} + \frac{3}{4}h_f + \frac{1}{2}h_e + h_r$$

ونحسب قدرة المحرك اللازمة لتشغيل المضخة كما يلى:

$$HP = \frac{TDH \times Q}{270 \times E_p \times E_m}$$

قدرة المحرك ← المحرك (E_m) ← قدرة المضخة ← المضخة (E_P) ← القدرة المائية

حيث: HP: قدرة المضخة بالحصان.

TDH: الضاغط الديناميكى الكلى أو الضاغط المانومترى للمضخة بالمتر.

Q: تصرف المضخة (م^3/س).

E_p: كفاءة المضخة وتساوى تقريباً ٠,٨٢

E_m: كفاءة المحرك وتساوى ٠,٩٠ فى حالة المحرك الكهربى وتساوى ٠,٦٠ فى حالة المحرك الديزل.

ويمكن توضيح الوحدات المختلفة فى حساب القدرة المائية سواء بالحصان أو الكيلووات كما يلى فى الجدول:

$kW = \frac{\ell/s \times m}{100}$	$HP = \frac{\ell/s \times m}{75}$
$kW = \frac{m^3/s \times m}{360}$	$HP = \frac{m^3/h \times m}{270}$
$kW = 9.8\ m3/s \times m$	$kW = 1.36\ HP$

وإذا كان المطلوب حساب قدرة المضخة فقط ففى هذه الحالة تحذف كفاءة المحرك E_p من المعادلة ونكتفى بكفاءة المضخة E_p فقط. أما إذا كان المطلوب حساب القدرة المائية فإننا نحذف كل من كفاءة المضخة E_p وكفاءة المحرك E_m من المعادلة.

طرق المياه

Water Hammer

تعريف طرق المياه

عندما تنساب المياه من الأنابيب فإنها تمتلك طاقة حركة تتناسب مع كتلة المياه المتحركة ومربع سرعتها فعندما تتوقف هذه المياه عن الحركة نتيجة لإغلاق محبس فى طريقها فإن طاقة الحركة هذه تتحول إلى طاقة ضغط على شكل زيادة مفاجئة فى ضغط التشغيل العادى للمياه داخل الأنابيب ويسمى مقدار الزيادة المفاجئة فى الضغط بضغط طرق المياه Surge pressure or water hammer

أسباب حدوث طرق المياه فى الأنابيب

١- الغلق المفاجئ لمحبس فى خط الأنابيب.

٢- الغلق المفاجئ لمحبس عدم الرجوع check valve عند عكس اتجاه السريان.

٣- الغلق المفاجئ لفتحة التهوية فى محبس الهواء air vent.

٤- أثناء بدء تشغيل المضخة واندفاع المياه المنسابة واصطدامها بأجزاء الشبكة المغلقة أو المياه الساكنة فى الأماكن المنخفضة.

مضاعفات السرعة العالية للمياه داخل أنابيب الرى البلاستيكية

١- حدوث طرق للمياه.

٢- حدوث اهتزازات فى الخطوط.

٣- تآكل الأنابيب.

٤- تكاليف الطاقة المرتفعة نتيجة زيادة الفاقد فى الاحتكاك.

٥- قد يحدث مخاطر شخصية.

ويحسب الزيادة فى الضاغط الاستاتيكى بالمتر ماء نتيجة طرق المياه ΔH من المعادلة:

$$\Delta H = 0.53\,V\,\frac{L}{T}$$

حيث: ΔH : الزيادة فى الضاغط بالمتر نتيجة طرق المياه.

V : سرعة سريان المياه م/ث

L : طول خط الأنابيب أعلى الصمام بالمتر.

T : زمن غلق الصمام بالثانية.

مثال:

احسب الزيادة فى الضغط الاستاتيكى نتيجة غلق الصمام فى خط طوله ٣٠ متر فى زمن قدره ١٠ ثوانى وقطر الخط ١ بوصة وسرعة المياه فيه ٢,٥ م/ث والتصرف ١,٥٧٥ لتر/ث.

الحل

$$\Delta H = 0.53\,(2.5)\,\frac{30}{10} \cong 4\text{m}$$

فى المثال السابق يمكن تخفيض الضاغط الناتج عن طرق المياه بالآتى:

أ- تخفيض طول الخط أعلى الصمام.

ب- زيادة قطر الأنابيب لتقليل سرعة المياه.

جـ- زيادة زمن غلق الصمام.

١٣

تصميم نظام الري بالرش المحوري

Center Pivot Sprinkler Irrigation System Design

لقد انتشر نظام الرش المحوري انتشاراً كبيراً في العالم منذ تسجيل اختراعه عام ١٩٥٢ ، واستخدم على نطاق ظروف التربة الرملية وظروف الصحراء .وتبلغ نسبة المساحة التي يستخدم فيها الري المحوري في الولايات المتحدة أكثر من ٥٠% من المساحة التي تروى بالرش . وقد انتشرت أجهزة الري بالرش المحوري أساسا في الوسط الغربي للولايات المتحدة كبديل للري بالرش النقالى لتوفير العمالة ذات التكلفة المرتفعة. ويعتبر الري واسع في زراعة الصحراء ، إذ أن هذا النظام لا يتطلب عماله في تشغيله ، ويلائم بالرش المحوري أقل نظم الري تكلفة بعد نظم الري بالرش النقالى حيث يقل

عن نظم الري بالرش الثابت ونظم الري بالتنقيط عموماً ، ولكي يكون استخدام الجهاز المحوري اقتصادياً يجب ألا يقل طول الجهاز عن الطول القياسي وهو ٤٠٠ متر ، حيث يروى مساحة دائرية قدرها ١٢٠ فدان لمساحة مربعة قدرها ١٥٠ فدان ، حيث أن تكلفة الجهاز تتناسب مع نصف قطر دائرة الري (حيث تبلغ حوالي ١٠٠ دولار لكل متر من طول الجهاز) بينما المساحة المروية تتناسب مع مربع نصف القطر . وينتشر الري المحوري في مصر أساسا في منطقة الصالحية وغرب النوبارية حيث لم يتسع انتشاره لصغر الحيازات وتفكيكها. ويستخدم الجهاز المحوري على نطاق واسع في السعودية في زراعة الصحراء وخاصة في زراعة القمح.

ويمتاز الجهاز المحوري بما يلي:-

١- لا يحتاج إلى عمالة نسبيا في تشغيله.
٢- سهولة نقل المياه عبر نقطة ثابتة هي مركز دائرة الري.
٣- التحكم في تشغيل الجهاز عند نقطة ثابتة هي نقطة المركز.
٤- عند الانتهاء من عملية الري يعود الجهاز لنقطة البداية.
٥- سهولة إضافة الأسمدة مع مياه الري عند نقطة ثابتة هي نقطة المركز.
٦- إمكانية الحصول على كفاءة توزيع مياه مرتفعة.
٧- سهولة أدارته وتشغيله وأمكانية إضافة ريات خفيفة تلائم نوع التربة ومرحلة نمو المحصول.

ولكي تؤتى تكلفة شراء جهاز الرش المحوري ثمارها يجب تشغيل الجهاز تشغيلاً صحيحاً وصيانته بعد تركيبه ، إذ أن مسئولية تشغيل الجهاز تشغيلاً سليماً تقع أساساً على المزارع .

وصف الجهاز المحوري

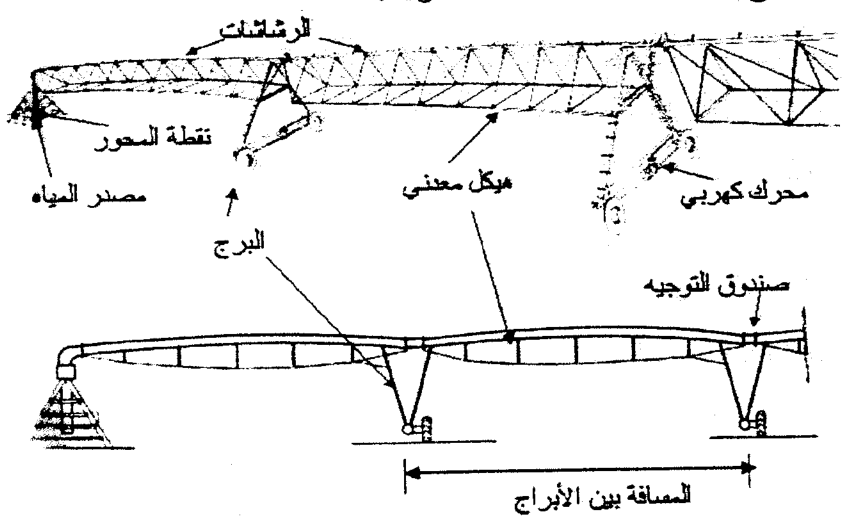
يتركب الجهاز المحوري كما في الشكل من خط أنابيب يحتوي على رشاشات ومثبت من أحد طرفيه ، والطرف المثبت يسمى بنقطة المحور والطرف الحر يسمى بالنهاية الطرفية ، ونقطة المحور عبارة عن قاعدة خرسانية مثبت عليها المحور، وهو نقطة تزويد الجهاز بمياه الري ، ويقوم جهاز الري المحوري برش مياه الري أثناء حركته الدائرية المستمرة حول نقطة المحور ، وخط الرش المحوري محمول عن الأرض بارتفاع حوالي ٣ أمتار بواسطة أبراج على مسافات قدرها ٥٠ متراً في المتوسط . ومثبت على كل برج موتور كهربائي قدرته ٥ر٠ إلى ٥ر١ حصان لإدارة عجلتين محمل عليهما البرج ، وذلك في حالة الأجهزة التي تدار كهربائياً وهي الأكثر انتشاراً ، والجهاز المحوري يمكنه الدوران في اتجاهين ، وأثناء الدوران يعمل البرج الأخير كقائد ، وينفذ تعليمات المؤقت الزمني في لوحة الضبط والتحكم . واستقامة الجهاز المحوري تتم من قبل الأبراج التي تتلمس مساراتها بحرية بالنسبة للبرج الأخير ، ومحور الجهاز ، وفي حالة حدوث خلل في استقامة الجهاز يتوقف الجهاز عن الحركة .

وكلما ابتعد البرج عن نقطة المحور ازدادت حركة دورانه . ولذلك ولكي يقوم الجهاز بإضافة كميات متساوية من المياه للتربة يتزايد تصرف الرشاشات ، كلما زاد بعد الرشاش عن المحور . أو تقترب المسافات بين الرشاشات كلما زاد بعدها عن المحور كما هو مبين بالرسم.

ومما تقدم يتضح أن الرشاشات مرتبة على المحور بأرقام معينة ، وأن هذا الترتيب في غاية الأهمية ولا يمكن تعديله . وفي حالة استبدال أية رشاشات عند تلفها يجب استبدالها بالأرقام والمواصفات نفسها يعتمد الضغط اللازم لتشغيل الجهاز المحوري على نوع الرشاشات المستعملة ، وأيضاً على طول الجهاز ، والنظام المحوري ذو الضغط المنخفض والرشاشات الثابتة ذات

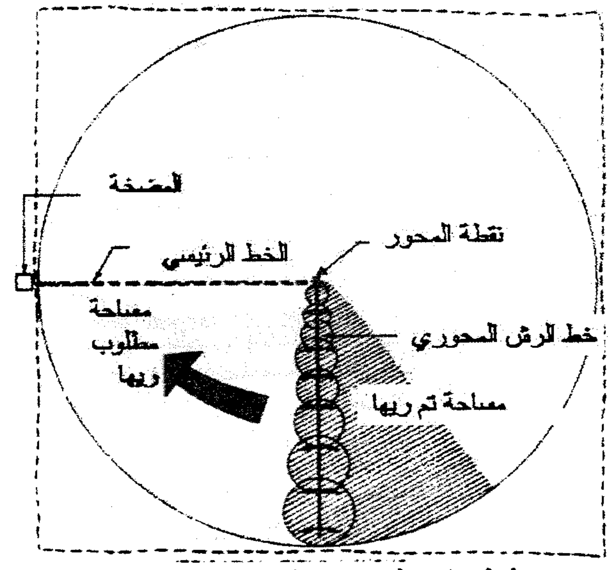
الأنابيب الساقطة بالقرب من قمة المحصول يلائم تماماً ظروف الصحراء ، حيث أن الضغط المنخفض يخفض من استهلاك الطاقة ، والرشاشات الثابتة ذات معدل الرش المرتفع تلائم التربة الرملية الخفيفة ، واستعمال الأنابيب الساقطة يقلل من فاقد المياه بالبخر وانجراف الرياح .

وللحصول على توزيع جيد للمياه ، يراعى عند استعمال الرشاشات الثابتة أن تكون المسافات بينها متقاربة على المحور ، وتساوي تقريبا قدر مرة ونصف من ارتفاع الرشاشات عن قمة المحصول .

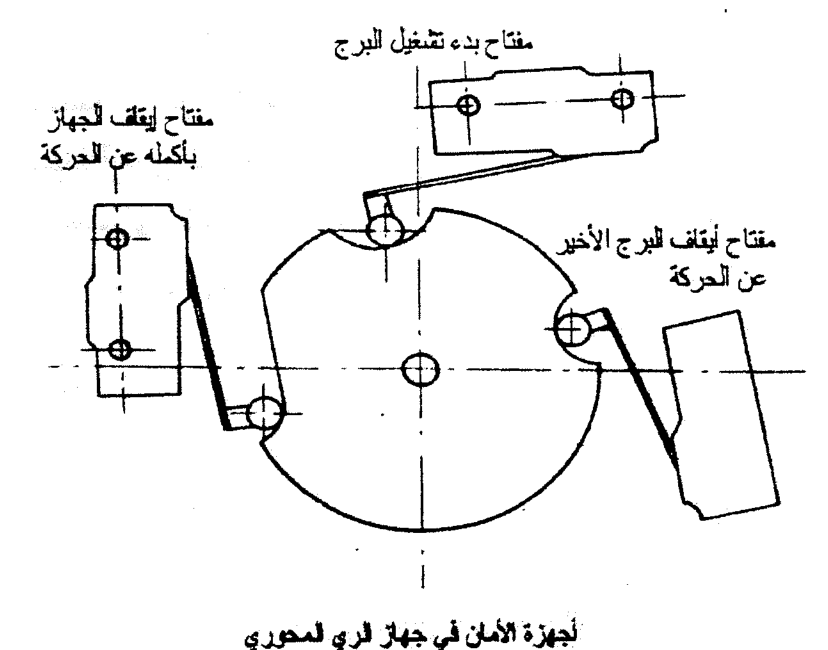


الأجزاء الرئيسية لجهاز الري بالرش المحوري

الوصف العام لجهاز الري المحوري



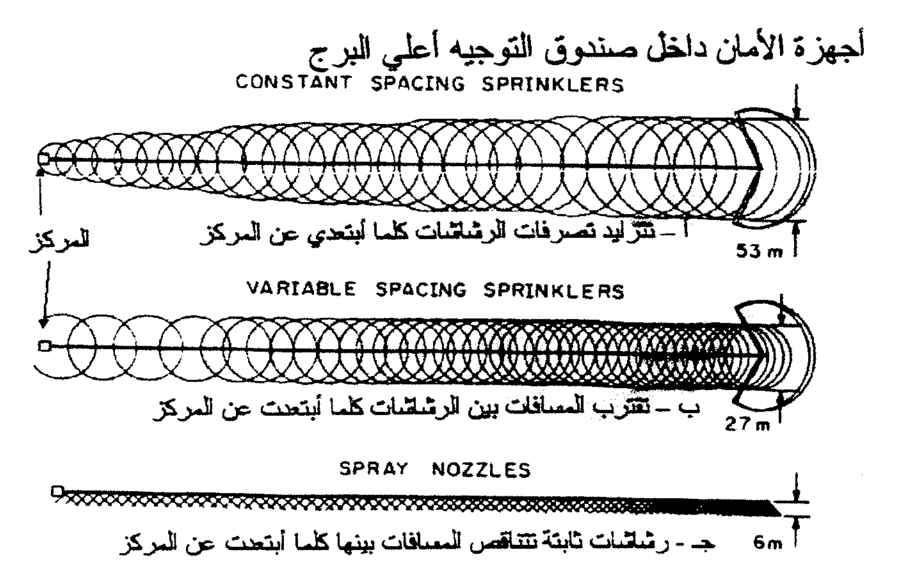
تخطيط حقل نمطي يروى بالري المحوري



أجهزة الأمان في جهاز الري المحوري

أجهزة الأمان داخل صندوق التوجيه أعلي البرج

أجهزة الأمان داخل صندوق التوجيه أعلي البرج



<u>نظام توزيع الرشاشات في جهاز الرش المحوري</u>

الطرق المختلفة لتوزيع الرشاشات للحصول علي توزيع مياه منتظم

الطرق المختلفة لري الأركان في جهاز الري المحوري

بخلاف أستخدام أي نظام ري آخر لري الأركان التي تشكل نسبة ٢١,٥% من المساحة المربعة ($\frac{(2R)^2 - \pi R^2}{(2R)^2} = 0.785$) كان تروي بالري بالرش الثابت مثلا يستخدم الرشاش المدفعي في نهاية الجهاز لري الأركان وبأضافة الرشاش المدفعي تصل نسبة المساحة المروية الي ٨٥% من المساحة المربعة. ويجب أن نعلم أن وجود الرشاش المحوري في نهاية الجهاز يتطلب رفع الضغط حيث يصل الضغط الي أدني قيمة له في نهاية الجهاز ولذلك تستخدم مضخة مساعدة في نهاية الجهاز Booster pump لرفع الضغط عند نهاية الجهاز ويتم تشغيلها أوتوماتيكيا بواسطة كامة تقوم بتوصيل الكهرباء لها عند أقتراب الجهاز من الركن ثم تقوم بقطع الكهرباء عند أبتعاد الجهاز عن الركن وذلك حينما يركب الجهاز المحوري علي حدود طريق أو ملكية أخري.

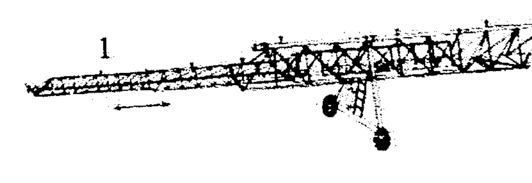
وموضوع ري الأركان يعتبر أقتصادي بدرجة كبيرة بمعني أن يتم الموازنة بين تكاليف ري الأركان والعائد المتحصل عليه من ري هذه النسبة من الأرض التي تصل الي ٢١,٥ % كما ذكرنا أو ١٥ % في حالة أستخدام الرشاش المدفعي في نهاية الجهاز.

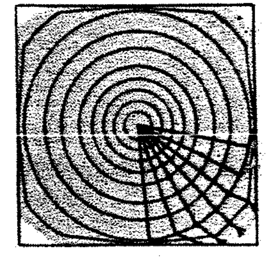
وقد وضعت الشركات العالمية الرائدة في صنع أجهزة الري المحوري نظما لري الأركان Corner system نعرض منها ثلاث نظم وهيمبينة بالشكل :-

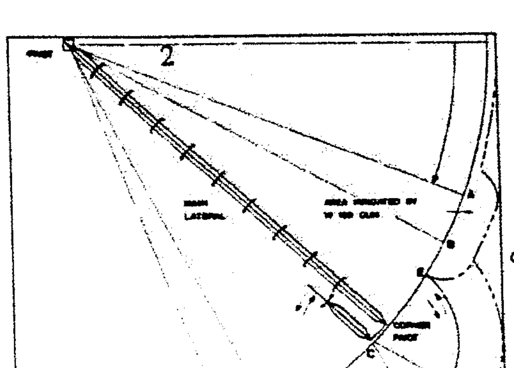
١- نظام الذراع التسكوبي الممتد والخاص بشركة Reink وهو عبارة عن ذراع تلسكوبي في نهاية الجهاز ينزلق بحركة ترددية داخل الجهاز أو خارجه لتتبع سلك مدفون في الأرض علي حدود الحقل يصدر موجات مغناطيسية يلتقطها جهاز حساس في الزراع التلسكوبي.

٢- أستخدام نظام محوري صغير في نهاية الجهاز تكون مهمته ري الأركان عند الوصول اليها فقط وهذا النظام خاص بشركة Lindsay Zimmatic .

٣- الذراع الممتد الخاص بشركة Valmont Valley حيث يعمل بنفس نظرية الذراع التسكوبي ولكنه محمول علي برج أضافي.







النظم المختلفة لري الأركان في الري المحوري

تشغيل الجهاز المحوري

التشغيل الأول بعد تركيب الجهاز

١- من الضروري تأمين طريق يصل إلى نقطة المحور ، وذلك للتحكم في تشغيل الجهاز من لوحة الضبط والتحكم عند محور الجهاز .

٢- يجب تشغيل الجهاز بدون ماء نصف دائرة في اتجاه عقارب الساعة ونصف دائرة بعكس هذا الاتجاه . هذه الخطوة تساعد على تليين جميع أجزاء تحريك الجهاز المحوري وعلب التروس . كما أنه من خلال هذه الخطوة يمكن تحديد مسارات العجل (الكفرات) ، والتأكد من عدم وجود أية عوائق في الحقل .

٣- قد يسبب دوران الجهاز المحوري لأول مرة انحلال بعض أجزاء هيكل الجهاز المحوري ، لذا يجب إعادة شد البراغي شداً محكماً .

طريقة حساب زمن اللفة الفعلية للجهاز :-

في العادة يتم حساب الزمن الفعلي للفة تحت ظروف التشغيل في الحقل حيث أن الزمن النظري للفة يختلف عن الزمن الفعلي ، لاختلاف ظروف التربة ومقاسات العجل وانزلاقه ، وللتغلب على هذه المشكلة يقاس الزمن الفعلي لدوران الجهاز عند ضبط نسبة التوقيت في المؤقت الزمني داخل لوحة الضبط والتحكم عند نسبة ١٠٠%.

تقوم نسبة التوقيت في المؤقت الزمني بتنظيم سرعة الجهاز عن طريق التحكم في نسبة الزمن الذي يتحرك فيه البرج الأخير في الدقيقة الواحدة . فمثلا إذا قمت بضبط نسبة التوقيت على ١٠٠ % فمعنى ذلك أن البرج الأخير يتحرك ٦٠ ثانية في الدقيقة ، أي يتحرك باستمرار دون توقف ، أما إذا تم الضبط على نسبة توقيت ٧٥% فان البرج الأخير يتحرك ٤٥ ثانية كل دقيقة ، أي يتحرك ٧٥% من الدقيقة وهكذا. فإذا كان الجهاز يقوم بإكمال اللفة في زمن ١٢ ساعة عند ضبط نسبة التوقيت علي ١٠٠% فإنه يقوم بإكمال اللفة في زمن ١٦ ساعة عند ضبطه على نسبة ٧٥% (١٢ ÷ ٠,٧٥ = ١٦) وهكذا.

كيف تختار نسبة التوقيت المناسبة :-

كلما دار الجهاز المحوري بسرعة ، قلت كمية مياه الري المضافة للتربة ، فعمق مياه الري التي يضيفها الجهاز تتناسب عكسياً مع نسبة التوقيت ، ويمكن حساب عمق مياه الري الذي يضيفه الجهاز بالمم عند نسبة توقيت ١٠٠% باستعانة بالمعادلة الآتية :-

تصرف الجهاز بالمتر مكعب في الساعة × زمن اللفة بالساعات × ٣ر٣١٨

عمق ماء الري بالمم= ـــ

(نصف قطر دائرة الري بالمتر)[2]

وعند شراء الجهاز المحوري يكون معلوماً من الشركة البائعة تصرف الجهاز ، وهو كمية المياه التي يستهلكها بالمتر مكعب في الساعة.

فإذا كان الجهاز تصرفه ١٦٠ متر مكعب في الساعة ، ويتكون من ستة أبراج ، ونصف قطر دائرة الري له ٢٧٠ متر ، وزمن اللفة ١٢ ساعة عند ضبطه على نسبة التوقيت ١٠٠% فان عمق ماء الري يحسب كالآتي :-

١٦٠ ×١٢ × ٣ر٣١٨

عمق ماء الري بالمم = ـــــــــــــــــــــــ =٤ر٨ مم

(٢٧٠)[2]

وإذا تعذر استعمال المعادلة السابقة فيمكن استعمال طريقة تقريبية ، وهي وضع علب زيت محرك زنة واحد لتر على مسافات منتظمة تساوي١٠ أمتار على خط واحد تحت الجهاز المحوري أثناء تشغيله على نسبة توقيت ١٠٠% ، وبعد مرور الجهاز يقاس عمق المياه المتجمعة داخل العلب ويؤخذ متوسطها ، فيكون بالتقريب هو عمق مياه الري الصافية التي تذهب إلى التربة ، وهي تقل عن عمق مياه الري المضافة من الجهاز بمقدار الفاقد في البخر وانجراف الرياح والتي تقدر بحوالي ١٥% .

وبذلك يمكننا حساب نسبة التوقيت المطلوبة لإضافة عمق معين من مياه الري كالآتي :-

عمق الماء المضاف عند نسبة توقيت ١٠٠%

نسبة التوقيت المطلوبة = ــــــــــــــــــــــــــــــــ ×١٠٠

عمق الماء المطلوب اضافته

فإذا كان الجهاز يضيف عمق ماء ري يساوي ١٢مم عند توقيت ١٠٠% والمطلوب إضافة عمق ماء

١٢

ري ١٨مم فان نسبة التوقيت المطلوبة تكون ٦٧% (ــ ١٠٠=٦٧%).

١٨

وتبقى مشكلة تحديد عمق ماء الري المطلوب أضافته ، فهذا العمق يعتمد على مرحلة نمو المحصول وقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء ، أما الفترة بين الريات فتعتمد بالإضافة على عوامل المحصول والتربة على العوامل الجوية . فكلما كان الجو حاراً والرطوبة منخفضة ، قلت الفترة بين الريات ، وكلما تقدمت مرحلة نمو المحصول قلت الفترة بين الريات ، فمن المعروف أن المحصول يتزايد استهلاكه من الماء بتقدم مرحلة نموه من الإنبات إلى النمو الخضري إلى الإزهار وتكوين الحبوب ، وهذه هي فترة الري الحرجة ، والتي يستهلك فيها المحصول أعلى كمية من المياه .

ويحسب عمق ماء الري المطلوب إضافته عن طريق معرفة عمق الماء المتاح للنبات ، والذي تحتفظ به التربة ، فالتربة الرملية تحتفظ بعمق مياه يقدر بحوالي ٧٠ مم في عمق ١متر من التربة .

وفي العادة لا يسمح للنبات باستهلاك كل هذا القدر من المياه من التربة ، حيث أن بعد الري مباشرة يمتص النبات الماء من التربة بسهولة ، ثم يبدأ النبات بعد ذلك في بذل جهد في الحصول على الماء من التربة كلما قلت نسبة الرطوبة في التربة إلي أن يصل إلي نقطة الذبول ، ولذلك فان عملية الري التالية تتم عندما يستهلك النبات نسبة ٥٠% من المياه المتاحة له في التربة داخل منطقة الجذور ، وتسمى هذه النسبة بنسبة الاستنفاذ ، وهي تتراوح بين ٣٠: ٧٠ % ولكن كقاعدة عامة يمكن اعتبارها ٥٠ % .

مما تقدم يمكن حساب عمق ماء الري والمطلوب إضافته كالآتي:-

$$\text{عمق ماء الري المضاف بالمم} = \frac{\text{عمق الماء المتاح بالمم/متر} \times \text{عمق الجذور بالمتر} \times \text{نسبة الاستنفاذ}}{\text{كفاءة نظام الري}}$$

ولنأخذ مثالا على ذلك :-

التربة رملية خفيفة وعمق الماء المتاح لها ٧٠ مم/متر

عمق منطقة الجذور ٥٠ سم ونسبة الاستنفاذ ٥٠ %

وكفاءة نظام الري عادة تكون ٧٠% في الأجواء الحارة

لذن عمق ماء الري المضاف = (٧٠×٠ر٥٠×٥٠) / ٧٠ = ٢٥ مم

تقويم انتظام توزيع المياه تحت جهاز الري المحوري :-

يجري تقويم انتظام توزيع المياه للحكم على حالة تشغيل الجهاز المحوري .

فسوء انتظام توزيع المياه قد يحدث نتيجة لـ:-

١- التركيب الخطأ للرشاشات .

٢- انسداد بعض الرشاشات .

٣- ضغط المياه عن المحور غير صحيح .

٤- الظروف الجوية سيئة .

٥- انحدار الأرض غير ملائم .

٦- سرعة تشغيل الجهاز غير مناسبة .

خطوات تصميم نظام الري المحوري

١ – حساب التصرف الكلى Q المطلوب للجهاز المحورى

$$Q \times H = \pi R^2 \times \frac{ET_{crop}}{E_a}$$

حيث:

Q = التصرف الكلى المطلوب

H = ساعات الرى اليومى (بحد أقصى ٢٢ ساعة فى اليوم)

R = نصف قطر الرى

ET_{crop} = اقصى احتياج مائى يو مى

E_a = كفاءة اضافة المياه

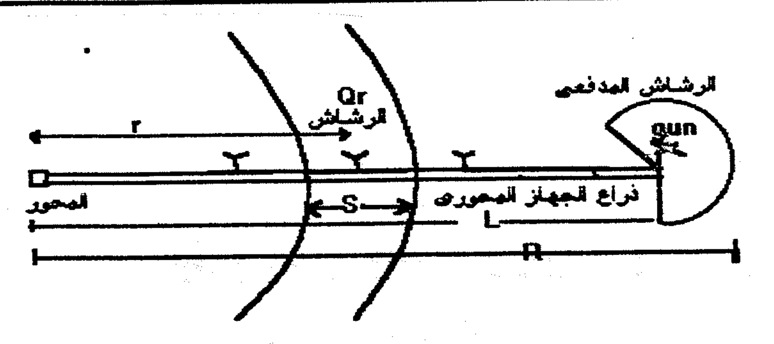
$$Q = \frac{\pi R^2 \times ET_{crop}}{H \times E_a}$$

٢- حساب تصرف الرشاش q_r على بعد (r) من المحور

يتناسب التصرف مع المساحة المطلوب ريها كما يلى حيث S = المسافة بين الرشاشات

$$\frac{qr}{Q} = \frac{2\pi rs}{\pi R^2}$$

$$q_r = \frac{2rsQ}{R^2}$$



٣- حساب التصرف المار فى خط الرش Q_r على بعد (r) من المحور

$$\frac{Qr}{Q} = \frac{\pi R^2 - \pi r^2}{\pi R^2}$$

$$Q_r = (1 - \frac{r^2}{R^2})\, Q$$

٤ – حساب التصرف اللازم للرشاش المدفعى فى نهاية الجهاز

بالتعويض فى المعادله السابقه عن $r = L$ ، $Q_r = q_{gun}$

حيث L = بعد الرشاش المدفعى من مركز الجهاز (طول ذراع الجهاز المحورى)

$$q_{gun} = \left(1 - \frac{L^2}{R^2}\right) Q$$

٥– زمن اضافة المياه (T_a) عند مسافة r من المحور

يقطع الجهاز طول المحيط $2\pi r$ فى زمن لفة كاملة للجهاز H بينما يقطع مسافة قدرها قطر دائرة الأبتلال للرشاش 2w فى زمن قدره T_a

$$\frac{Ta}{H} = \frac{2w}{2\pi r}$$

$$Ta = \frac{wH}{\pi r}$$

٦- حساب معدل الرش المتوسط I_{av} عند مسافة r من المحور

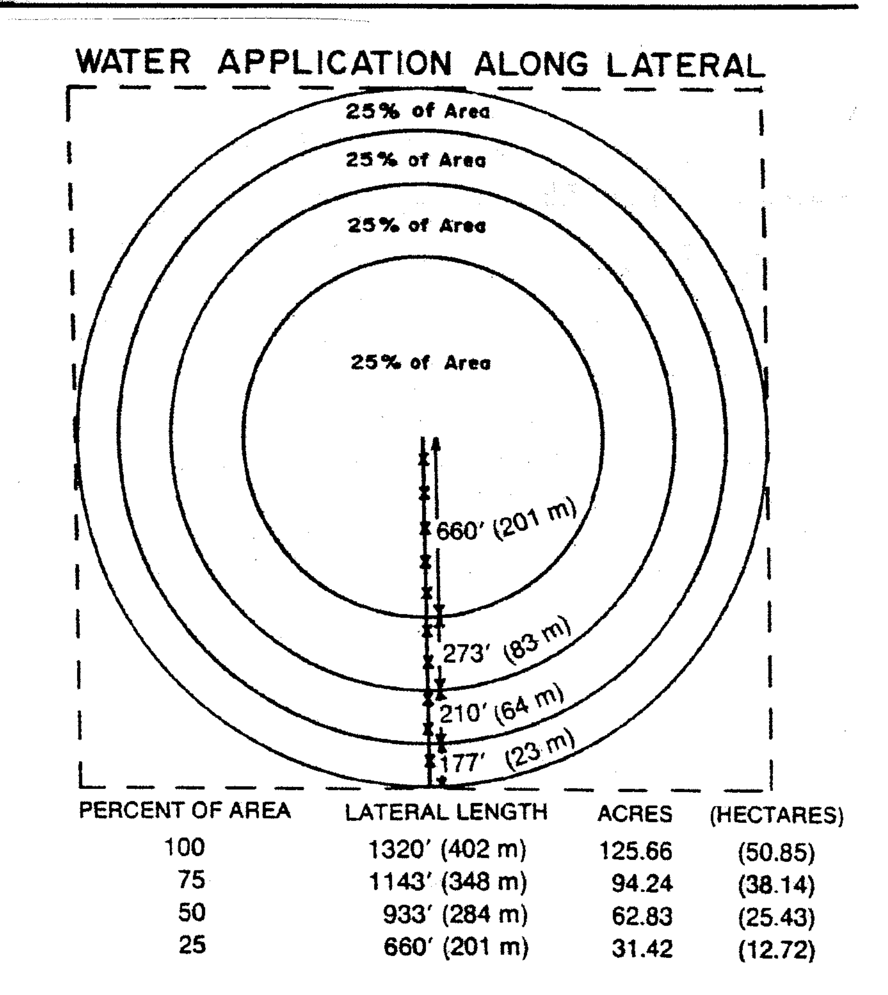
$$Iav = \frac{dg}{Ta}$$

حيث d_g = عمق ماء الرى الذى يضيفه الجهاز

T_a = زمن أضافة المياه عند مسافة r من المحور ويحسب من الخطوة السابقة

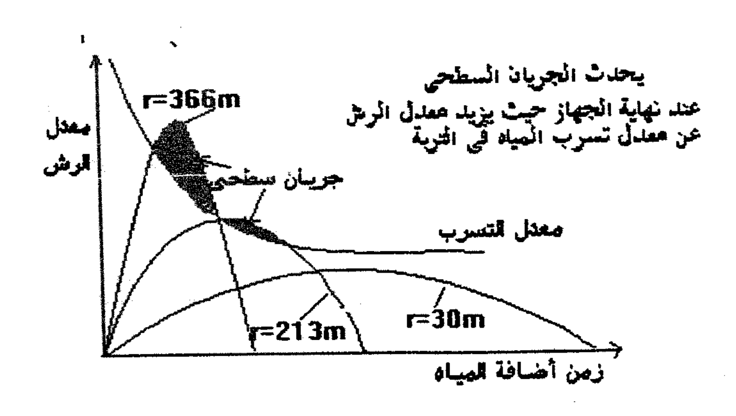
ولنأخذ مثالا يوضح تغير معدل الرش التوسط على طول الجهاز المحورى بينما يظل عمق الماء المضاف ثابتا

جهاز محورى يضيف عمق ماء ٧,٦ مم فى اليوم (٢٤ ساعة) يمكن حساب زمن أضافة الماء ومتوسط معدل الرش له على أبعاد مختلفة من المركز وبمعلومية نصف قطر دائرة الرش للرشاشات المختلفة على الجهاز كالاتى



PERCENT OF AREA	LATERAL LENGTH	ACRES	(HECTARES)
100	1320′ (402 m)	125.66	(50.85)
75	1143′ (348 m)	94.24	(38.14)
50	933′ (284 m)	62.83	(25.43)
25	660′ (201 m)	31.42	(12.72)

البعد عن مركز الجهاز بالمتر	نصف قطر الأبتلال للرشاش بالمتر	زمن أضافة المياه بالساعة	متوسط معدل الرش مم/ساعة	عمق الماء المضاف بالمم
٣٠,٥	١٢	٣	٢,٥	٧,٦
٢١٣,٥	١٥	٠,٥٩	١٣,٢	٧,٨
٣٦٦	١٨	٠,٣٦	٢١	٧,٦



٧- توزيع الضغط فى جهاز الرى بالرش المحورى

$$h_r = H_o + H_f \left[1-\frac{15}{8}\left(\frac{r}{R}-\frac{2}{3}\left(\frac{r}{R}\right)^3+\frac{1}{5}\left(\frac{r}{R}\right)^5\right)\right]$$

حيث

H_o : الضاغط فى نهاية الجهاز المحورى

H_f : الفاقد فى الاحتكاك فى الجهاز ويتم حسابه من معادلة هيزن وليم

$$H_f = \frac{1.22 \times 10^{10} \times R}{D^{4.87}} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} F$$

حيث

D : قطر خط الانابيب الداخلى مم

Q : التصرف المار فى خط الرى لتر/ثانية

C : معامل هيزن وليم

F : معامل تخفيض ويساوى فى حالة الرى المحورى F = 0.54

hr : الضاغط عند الرشاش الذى يبعد r عن مركز الجهاز الذى يروى مساحة نصف قطرها R

<u>٨ – حساب قطر فوهه الرشاش d على بعد r من المحور</u>

$$q_r = 0.95 * \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2 g h_r}$$

حيث q_r : تصرف الرشاش الذى يبعد r عن المحور

d : قطر فوهة الرشاش

h_r : ضاغط الرشاش الذى يبعد r عن المحور

<u>٩ : حساب قدرة المحرك اللازم لتشغيل جهاز الرش المحورى</u>

$$H_n = H_r + H_e + 1.1 H_f + H_o$$

حيث H_n: الضاغط اللازم لتشغيل جهاز الرى المحورى

H_f : الضاغط المفقود فى الاحتكاك الناتج عن مرور المياه داخل الجهاز

$$H_f = \frac{R}{100} * J * 0.54$$

R: نصف قطر دائرة الرش بالمتر

J : الفاقد فى الاحتكاك (متر / ١٠٠ متر)

He: اقصى فرق فى المنسوب بين نقطة المحور واعلى نقطه لدائرة الجهاز

H_o: الضاغط اللازم لتشغيل الشاشت فى نهاية المحور

$$TDH = H_s + NPSH + H_F + H_E + H_n$$

حيث Hr أرتفاع الجهاز عن الأرض

TDH : الضاغط الديناميكى الكلى للمضخة بالمتر

H_s : الفرق بين مستوى المضخة ومستوى الماء فى خزان السحب

NPSH : صافى ضاغط السحب الموجب

H_F : الفاقد فى خط السحب والخط الرئيسى

$$HP = \frac{TDH * Q}{270 * Ep * Em}$$

حيث

HP : قدرة المحرك اللازم لتشغيل جهاز الرش المحورى بالحصان

Q : تصرف الجهاز متر مكعب/ساعة

E_p : كفاءة المضخة

E_m : كفاءة المحرك

ويمكن حساب قدرة المولد اللآزم لتشغيل الأبراج KW بالكيلووات فى حالة أستخدام محرك ديزل وعدم توافر خطوط كهرباء فى المنطقة مع ملاحظة أضافة هذه القدرة الى قدرة محرك الديزل فى هذه الحالة

$$KW = 0.746 * n * hp$$

n : عدد الابراج

hp : قدرة المحرك اللازم لتشغيل البرج الواحد بالحصان مع ملاحظة أن ٧٠ % فقط من عدد الأبراج هى التى تتحرك فى نفس الوقت.

تقييم نظام الرى بالرش المحورى

من الضرورى تقييم جهاز الرى المحورى بعد تركيبه لتقدير عمق الماء الذى يضيفه الجهاز ويصل الى سطح الأرض ومقارنته بعمق الماء الموجود بكتالوج الجهاز عند نفس سرعة الدوران وأيضا عمل التقييم لنوات مختلفة لعمر الجهاز لأعطاء مؤشر عن التغيرات التى تحدث للجهاز نتيجة تآكل أجزاءه.

١- حساب زمن اللفة H (عند نسبة توقيت معينه)

يتم تعيين سرعة البرج الأخير End drive unit الذى يبعد مسافة L عن المركز بوضع علامتين على الأرض والمسافة بينهما X ويسجل الزمن الذى يستغرقه الجهاز فى قطع هذه المسافة وبنفس السرعة أيضا يقوم الجهاز بقطع محيط الدائرة $2\pi L$ فى زمن اللفة H .

$$V = \frac{x}{t} = \frac{2\pi L}{H}$$

٢- حساب عمق ماء الرى الاجمالى d_g

$$Q * H = \pi R^2 * d_g$$

٣ – حساب عمق ماء الرى الصافى d_n

لتبسيط هذه الخطوة سوف يتم حساب عمق ماء الرى الصافى على أنه متوسط أقل ربع لأعماق المياه المتجمعة فى العلب. وذلك بأستقبال مياه الرش تحت الجهاز المحورى فى علب توضع على مسافات نصف قطرية متساوية قدرها ١٠ متر ومن المفضل تقليل هذه المسافات بالقرب من نهاية الجهاز حيث تزداد سرعة الجهاز كلما أبتعدنا عن المركز حيث تمثل العلب مساحات متزايدة كلما أبتعدت المسافة عن مركز الدائرة

أما عند أجراء الأبحاث فأنه يتم وضع العلب بحيث تمثل مساحات متساوية. فعلى فرض أن عدد العلب المستخدمة ٤٠ علبة فأنه يتم حساب مجموع أقل عشرة أعماق فى العلب ويؤخذ متوسطهم وتعتبر هذه القيمة تساوى d_n .

٤ – كفاءة اضافة المياه

$$E_a = \frac{d_n}{d_g} * 100$$

٥ – حساب معامل الانتظام CU

ويمكن قياس معامل انتظام توزيع المياه من واقع تجربة حقلية أثناء تشغيل الجهاز تقاس فيها أعماق المياه المتساقطة على الأرض تحت الجهاز باستعمال علب تجميع موزعة على سطح الأرض في خط واحد على مسافات منتظمة تساوي ١٠ أمتار . ويمكن استعمال علب زيت المحرك ، زنة واحد لتر كعلب تجميع متوافرة .وعموماً يعتبر التوزيع جيداً إذا زادت قيمة معامل الانتظام على ٨٠%.

يتم حساب معامل الأنتظام بطريقة أحصائية من قراءات أعماق المياه فى العلب X وذلك بطرح كل قيمة من متوسط القيم وجمع هذه الفروق عن المتوسط جمع مطلق دون النظر الى الأشارة ثم القسمة على كل من المتوسط وعدد القيم n كما يلى:-

$$CU = 100\left[1 - \frac{\sum |X - \bar{X}|}{\bar{X} * n}\right]$$

حيث $\bar{x}$: هو متوسط عمق الماء لجميع العلب ويتم حسابه بجمع أعماق المياه فى العلب والقسمة على عدد العلب كما يلى

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

وقد يكون من المفيد أيضا حساب كفاءة توزيع DU (Distribution Uniformity) وذلك بقسمة متوسط أقل ربع لأعماق المياه dn على المتوسط العام للقراءات $\bar{X}$ كما يلي:-

$$DU = \frac{dn}{\bar{X}}$$

١٤

نظم الري بالتنقيط

Drip Irrigation Systems

الري بالتنقيط هو إضافة المياه ببطء على فترات متقاربة إلى التربة بغرض المحافظة على نمو النبات وذلك من خلال المنقطات Emitters التي توضع في أماكن مختارة على خط المياه. ومعظم المنقطات توضع على سطح التربة ولكن يمكن دفن بعضها في التربة على أعماق بسيطة بغرض حمايتها. وتدخل المياه التربة من خلال المنقطات ثم تتحرك لتبلل المساحة بين المنقطات بواسطة الخاصية الشعرية تحت سطح التربة. ويعتمد حجم التربة المبتلة على خواص التربة وتصرف النقاط وزمن الري وعدد المنقطات المستعملة ويتراوح عدد المنقطات المستعمل من أقل من منقط لكل نبات في حالة الخضراوات التي تزرع علي صفوف إلى حوالي ٨ منقطات أو أكثر للأشجار الكبيرة. وقد تضاف المياه إلى التربة علي هيئة قطرات أما مستمرة أو متقطعة أو قد تضاف علي هيئة سريان متنا هي الصغر أو علي هيئة رذاذ وبناء علي ذلك فقد ظهر حديثا اصطلاح ري الميكرو Micro Irrigation وهو أشمل من الري بالتنقيط ويستعمل لوصف طريقة الري التي تتصف بالآتي:-

١- أضافة المياه بمعدل منخفض
٢- أضافة المياه علي زمن ري طويل
٣- أضافة المياه علي فترات متقاربة
٤- أضافة المياه مباشرة الي منطقة الجذور

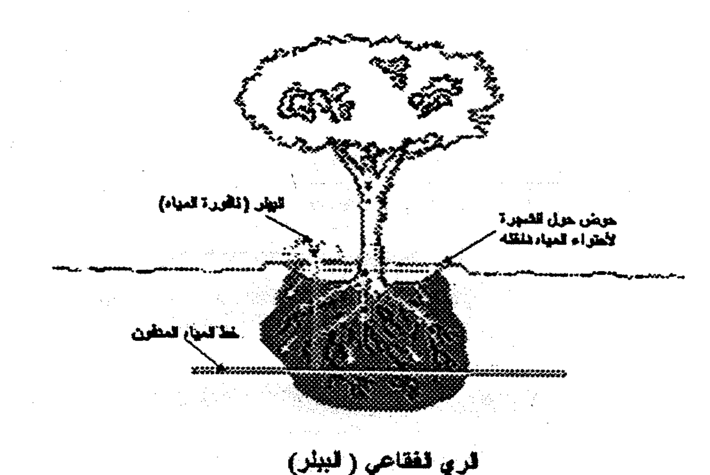
٥- أضافة المياه مباشرة عبر نظام منخفض في ضغط التشغيل.

ري الميكرو Microirrigation

هو أضافة المياه بكميات صغيرة علي فترات متقاربة فوق أو تحت سطح التربة علي هيئة أما قطرات أو سريان متناهى الصغر أو رذاذ خلال أجهزة أنبعاث المياه المتصلة بخط الري. ويتم ري الميكرو بطرق مختلفة مثل الببلر (الفقاعي أو النافوري) – التنقيط – الرذاذي – تحت السطحي.

١- الري الفقاعي (الببلر) Bubbler Irrigation

وهو أضافة المياه علي سطح التربة علي هيئة سريان صغير أو نافورة fountain حيث يكون تصرف الببلر أكبر من تصرف النقاطات وعادة يقل عن ٢٢٥ لتر/س لأن تصرف الببلر عادة يزيد عن معدل تسرب المياه داخل التربة ولذلك يتطلب أستخدامه عمل حوض حول الشجرة لأحتواء المياه داخله، لذلك فهو يتشابه مع الري السطحي (الغمر) وهو يستخدم أساسا لري النخيل حيث الأحتياجات المائية المرتفعة والجذور المتعمقة رأسيا. ويوجد منه تصرفات مختلفة تبدأ من ٢٠ لتر/س وحتي ٢٢٥ لتر/س وأيضا يوجد منه ببلر معوض للضغط ثابت التصرف ومنه مايمكن ضبط تصرفه من صفر الي ٢٢٥ لتر/س.

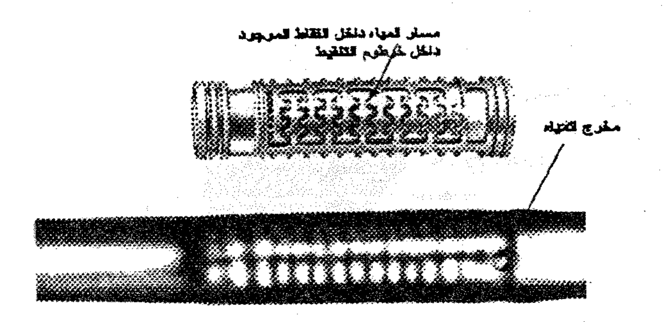


الري الفقاعي (الببلر)

٢- الري بالتنقيط Drip / Trickle Irrigation

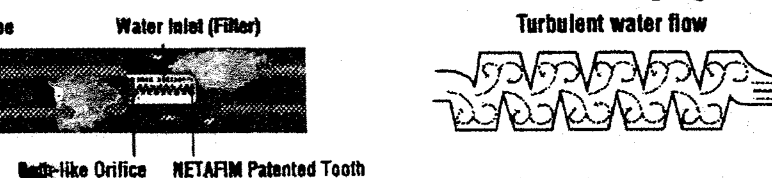
هو أضافة المياه لسطح التربة علي هيئة قطرات أو سريان متناهي الصغر خلال النقاطات Emitters . وغالبا ما يطلق علي الري بالتنقيط Drip أو Trickle . والنقاطات عبارة عن أجهزة تستخدم للتحكم في التصرف من خطوط التنقيط Lateral lines عند نقاط متقطعة أو متصلة وذلك عن طريق تخفيض ضغط المياه داخل النقاط. ويطلق علي نقطة تصريف المياه من النقاط بنقطة الأنبعاث Emission point . فأذا كان تصريف المياه من نقاط متقاربة علي خط التنقيط أو يقوم خط التنقيط ذاته بترشيح المياه أو نفاذيتها خلال جدرانه porous wall فأن الخط يطلق عليه Line-source emitters أي خراطيم ذاتية التنقيط أو خراطيم تنقيط داخلية. أما أذا كان تصريف المياه من خلال نقاطات مركبة علي خط التنقيط علي مسافات متسعة عادة أكبر من واحد متر أو نقاطات متعددة المخارج فأن خط التنقيط يطلق عليه في هذه الحالة Point-source emitters أي خراطيم ذات نقاطات خارجية، وعادة يكون تصرف هذه النقاطات ٢ – ٤ – ٨ لتر/س

أما في حالة الخراطيم ذاتية التنقيط فإن تصرفها عادة أقل من ١٢ لتر/س لكل متر من طول الخرطوم.



خراطيم ذاتية التنقيط

والخراطيم ذاتية التنقيط عبارة عن أنابيب رخيصة الثمن يوجد بها مخارج للمياه على مسافات متساوية ويستعمل للمحاصيل آلتي تزرع على خطوط مثل الخضراوات وكذلك القصب والقطن. وقد يطلق عليها خراطيم ذات نقاطات داخلية ومن أمثلتها أنابيب GR وغيرها. ومن مميزات هذه الخراطيم أن المزارع يقوم بفردها في الحقل دون أن يتكلف عناء تخريم الخراطيم وتركيب النقاطات والتعرض لأخطاء التركيب حيث يجب تركيب النقاطات علي مسافات متساوية وعلي خط واحد. لإمكان توجيه النقاطات لأعلي أي تركب النقاطات علي السطح العلوي للخرطوم لتقليل فرصة تعرضها للانسداد بواسطة الرواسب التي تترسب علي السطح السفلي للخرطوم عند توقف المياه. وتصنع أنابيب التنقيط من اللون الأسود لحجب الضوء الذي يتسبب فى نمو الطحالب algae فالطحالب عبارة عن نباتات خضراء تحتاج الي الضوء للنمو والتكاثر.



وحيث أن أنابيب التنقيط تستخدم لأربعة مواسم بسعر حوالي ٤٠ قرشا للمتر الطولى فقد ظهر نوع آخر رقيق السمك يستخدم مدة أقل بسعر يصل الي النصف ويسمى كوين جيل Queen-Gil أو نوع آخر يسمي T-tape وهذه الأنواع تستخدم للخضروات.

٣- الري الرذاذي Spray

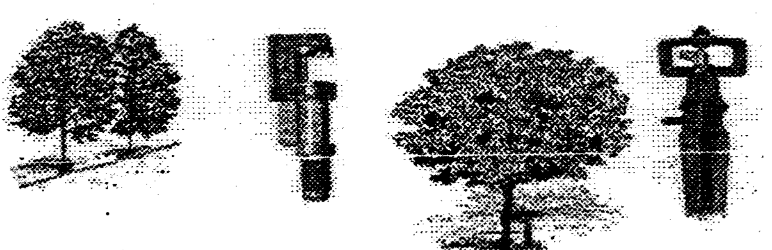
هو اضافة المياه لسطح التربة علي هيئة رذاذ أو قطرات رش صغيرة حيث تنتقل القطرات من خلال رشاشات صغيرة mini and micro sprinkler وتكون عرضة لتأثير الرياح علي توزيع المياه water distribution وعادة يكون تصرف هذه الأجهزة أقل من ١٧٥ لتر/س. وتنقسم أجهزة الري الرذاذي الي نوعين أساسيين هما:-

أ- الرذاذات أو البخاخات Jets

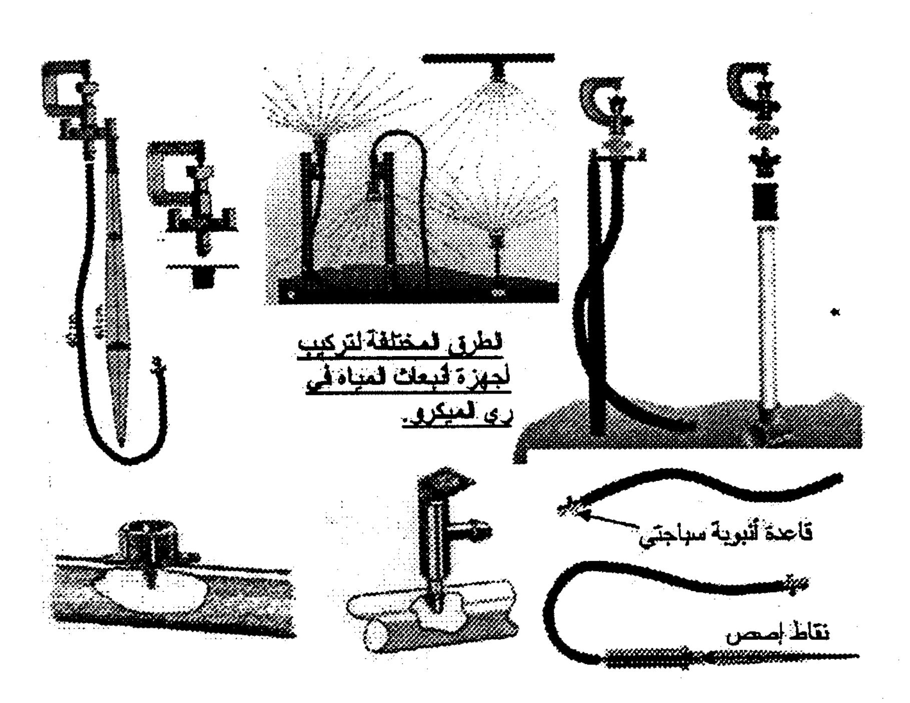
عبارة عن أجهزة رى صغيرة Spray تعمل تحت ضغط منخفض ويكون تصرف المياه فيها بمعدلات أعلى من المنقطات وتقوم بابتلال مساحة سطحية أكبر من المنقطات وأنابيب التنقيط وذلك لأن المياه ترش خلال الهواء وتسقط على مساحة أكبر وبما أن البخاخات لا تحتوى على لجزاء متحركة فقطر دائرة ابتلالها أو مسافة القذف لها محدودة وهى تستعمل أيضا فى الرى الرذاذى داخل الصوب ومن أمثلتها Micro- Jet, Fan- Spray

ب- رشاشات المينى والميكرو Mini and Micro Sprinklers

عباره عن رشاشات صغيرة ترش المياه فى دائرة لشجرة واحدة أو لعدة أشجار فهى تعطى توزيع منتظم لدائرة يتراوح قطرها من ٢ الى ٨ متر مما يعطى توزيع جيد للجذور على نطاق أوسع وفى النهاية يعطى نمو خضرى كبير وبالتالى محصول أكبر وتحتوى الرشاشات على أجزاء متحركة تمكنها من رش المياه على مساحة دائرية أكبر من البخاخات. كما تمتاز هذه الرشاشات بقلة تعرضها للأنسداد بالمقارنة بالمنقطات.



أنواع الرشاشات المستخدمة في ري الميكرو

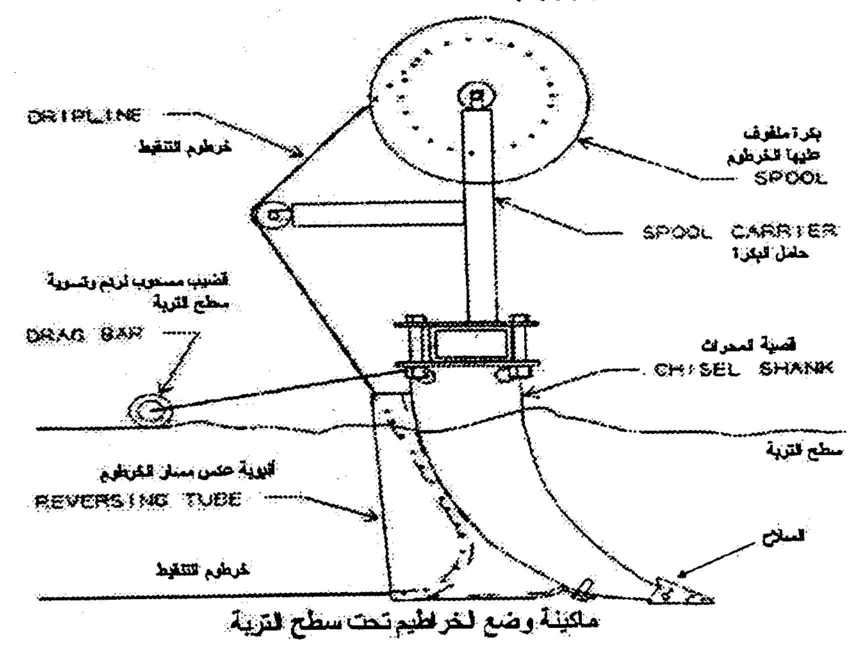


الطرق المختلفة لتركيب أجهزة انبعاث المياه في ري الميكرو.

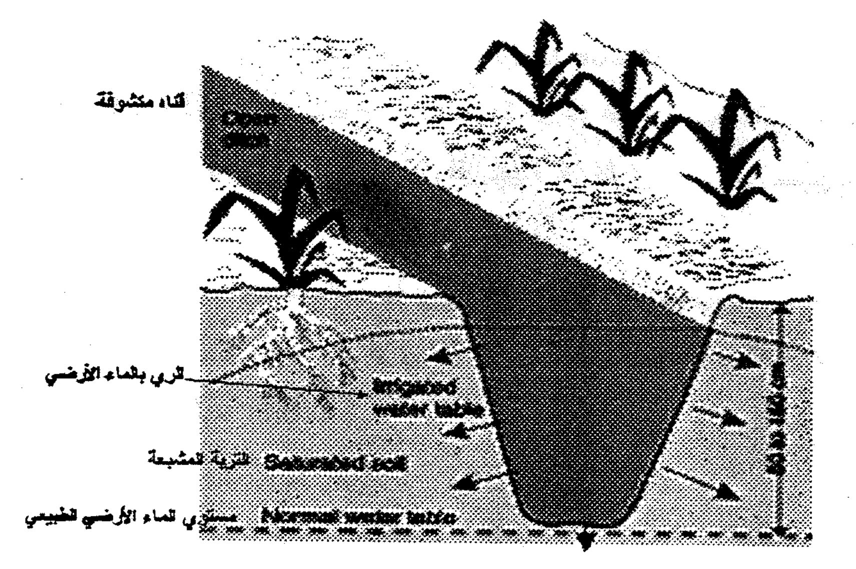
٤- الري تحت السطحي Subsurface Irrigation

هو أضافة المياه تحت سطح التربة من خلال خراطيم التنقيط التي تدفن تحت سطح التربة بغرض حمايتها وتقليل فقد المياه عن طريق البخر من سطح التربة وأيضا

تقليل الحشائش ويجب التفرقة بين الري تحت السطحي والري الباطني Subirrigation حيث يتم الري عن طريق التحكم في مستوي الماء الأرضي Water table control.



ماكينة وضع الخراطيم تحت سطح التربة



الري الباطني

مميزات الرى بالتنقيط / الميكرو:

١- أنخفاض معدل أضافة المياه. ويؤدي ذلك الي الأستخدام الأمثل للمرشحات والمضخات والأنابيب وذلك لأن هذه الأجهزة تقدر سعتها علي أساس تصرف اقل وتستخدم لفترات زمنية أطول.

٢- أنتظام توزيع المياه. حيث يتم توصيل المياه لكل نبات عبر شبكة الأنابيب.

٣- أضافة المياه مباشرة الي منطقة الجذور

٤- التحكم في مستوي ثابت للرطوبة في منطقة الجذور. حيث يتم الري علي فترات متقاربة.

٥- المساعدة في مكافحة الأمراض وعدم أنتشارها. من الممكن أضافة الكيماويات مع المياه بدقة وسرعة وسهولة ولايوجد جريان سطحي ولا أنتقال للرذاذ كماهو الحال في الري بالرش.

٦- أمكانية ري الأراضي غير المستوية. حيث لا يتطلب تسوية كما هو الحال في الري السطحي.

٧- أمكانية ري الأراضي الثقيلة القوام والخفيفة القوام علي السواء. فالأرضي الثقيلة القوام بطيئة التسرب يناسبها معدل أضافة مياه منخفض أما الأراضي الخفيفة فلا تحتفظ بالرطوبة ويلائمها أضافة المياه علي فترات متقاربة.

٨-ترشيد أستخدام المياه. حيث ان الاحتياجات المائيه للمحصول تعتمد على النسبه المئويه للمساحه الخضراء التى تغطى الارض و هى صغيره فى حالة الفاكهه الصغيره و بادرات المحاصيل التى تزرع على خطوط فان الرى بالتنقيط يروى المحاصيل بكميه اقل من المياه بالمقارنه بالرى بالرش والرى السطحى . فالمساحه المبتله من الارض فى الرى بالتنقيط عاده اقل بكثير من طرق الرى الاخرى حيث ان المساحه التى بين الأشجار لا تروى .فمن الضرورى ان لا تقل مساحه الابتلال عن ٣٣ % حيث ان النسبه تتراوح بين ٣٣%الي ٦٠ % .

٩-أضافة الأسمدة والكيماويات بكفاءة عالية. يعتبر الرى بالتنقيط من اكثر الطرق فاعليه فى اضافه الاسمده للتربه واستفادة النباتات منها لارتفاع كفاءه الرى و قلة الفواقد فمما لا شك فيه ان قدره الرى بالتنقيط على اضافة الاسمده على فترات متقاربه و فى الوقت المناسب الى المحصول يساعد فى الحصول على امثل نمو للنباتات . ففي التسميد بالري تعطي الأسمدة علي دفعات عديدة أكثر من الممكن أعطائها في حالة التسميد العادي بالأسمدة الصلبة الي جانب أنها تعطي مباشرة الي منطقة الجذور وليس للأرض كلها وبالتالى ينخفض معدل الفقد من الأسمدة وترتفع كفائتها. ويمكن من خلال التسميد بالري أمداد النبات بالعناصر الغذائية بأنتظام وفي الوقت المناسب لكل مرحلة من مراحل نمو النبات.

١٠-تحسين مقاومة النباتات للأملاح عن طريق حفظ مستوي الرطوبة مرتفع في منطقة الجذور. فى المناطق الحاره ذات الرطوبه النسبيه المنخفضه قد يحدث احتراق لاوراق النباتات فى حاله استخدام مياه رى مالحه فى الرى بالرش . ويختلف تاثير الاملاح على المحاصيل باختلاف المحصول و معدل اضافه مياه الرى .اما فى حاله الرى بالتنقيط فان المياه لا تلمس الاوراق وبالتالى فان